INRA magazine

Alimentation
Agriculture
Environnement

N°17 - JUIN 2011

DOSSIER

La forêt française face au changement climatique



RECHERCHES
Variétés de blé tendre pour réduire les intrants

REPORTAGE
Biodiversité des microbes utiles

HORIZONS
Encore une année sèche

sommaire

Chers lecteurs,

Cette année encore, la France manque d'eau. Le déficit pluviométrique, qui s'est manifesté dès le mois de janvier, a des conséquences spectaculaires sur les cultures qui se développent au printemps, blé, orge, colza et plantes fourragères. Moins visibles et moins médiatisés sont les impacts de la sécheresse sur la forêt. Un arbre « souffre en silence » et les effets de la sécheresse de 2003 commencent à peine à apparaître, avec des dépérissements et des mortalités anormales. Le dossier de ce numéro fait le point des recherches de l'Inra sur la forêt face au changement climatique et montre que la sécheresse, du fait de sa répétition d'année en année, pourrait devenir l'ennemi n°1 des forêts tempérées. D'où l'importance des programmes conduits depuis plusieurs années à l'Inra pour trouver et implanter des essences plus résistantes au manque d'eau.

Après le boire, le manger… L'autre grande thématique abordée dans ce numéro est l'alimentation, avec deux initiatives de l'Inra : d'une part, un atelier de réflexion autour de l'alimentation mondiale, conduit avec le Cirad, et, d'autre part, l'extension au domaine alimentaire des Carrefours de l'innovation agronomique, lieux d'échanges privilégiés entre chercheurs et partenaires professionnels. Véritables « bouillons de culture », ces Carrefours se sont déjà révélés féconds dans le secteur agricole. Et pour clore ce numéro, le regard croisé de deux membres du groupe de conseil permanent sur la recherche agricole rattaché à la Commission européenne. Erik Mathijs et Wolfang Ritter soulignent tous deux l'importance de la gouvernance des systèmes alimentaires et la nécessité d'organiser une recherche publique forte, transnationale et transdisciplinaire pour promouvoir une transition vers la durabilité et la sécurité en matière d'alimentation.

La rédaction


INRA
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147 rue de l'Université • 75338 Paris Cedex 07
www.inra.fr

Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial :** Jean-François Launay. **Directeur de la rédaction :** Antoine Besse. **Rédactrice en chef :** Pascale Mollier. **Rédaction :** Odile Bernard, Laurent Cario, Brigitte Cauvin, Géraud Chabriat, Eric Lecluyse, Magali Sarazin. **Photothèque :** Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître. **Couverture :** Photo : William Beaucardet. **Maquette :** Patricia Perrot. **Conception initiale :** Citizen Press - www.citizen-press.fr. **Impression :** Imprimerie CARACTERE. Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement. **Dépôt légal :** juin 2011.

Renseignements et abonnement : inramagazine@paris.inra.fr





ISSN : 1958-3923



© Inra / Christian Huyghe

Encore une année sèche

La sécheresse est un problème récurrent sur lequel les chercheurs de l'Inra se mobilisent depuis longtemps. Des travaux au long cours sont menés pour anticiper les changements en profondeur des systèmes agricoles qui seront nécessaires si la fréquence des épisodes extrêmes s'accentue.

La sécheresse en France, nous connaissons déjà... 1976, 1989, 1996, 2004, 2005, sont d'autres années de sécheresse exceptionnelle, où, comme aujourd'hui, l'eau a manqué de façon continue de l'hiver à l'été. En ajoutant les années de sécheresse estivale, on comptabilise treize épisodes de sécheresse en trente ans, entre 1976 et 2005, soit deux fois plus que sur la période 1905-1965 (douze épisodes en soixante ans).

Même si la tendance du régime des pluies est plus difficile à prévoir que celle, à la hausse, des températures, mieux vaut anticiper. Depuis 2003, l'Inra a mis en place un système de veille et de diagnostic pour faire le point sur la situation climatique et ses impacts sur les principales cultures. Pour 2011, cet outil montre que les rendements de céréales à paille (blé tendre, avoine, orge...) pourraient baisser de 10 à 30%. De la même façon, on observe un fort déficit de production des prairies pour la période printemps - été, ce qui se traduira par un manque de fourrage pour l'élevage.

Face à cette situation, les chercheurs préconisent des leviers d'action immédiate : par exemple, semer du ray-grass d'Italie et du millet perlé combinés à des trèfles incarnat ou d'Alexandrie sur les terres libérées précocement par les moissons des céréales qui se feront avec deux à trois semaines d'avance. Ou encore utiliser la paille pour nourrir les animaux, après un traitement technologique pour améliorer sa valeur énergétique et sa valeur protéique.

Mais cette marge de manœuvre est très étroite et, si la fréquence des sécheresses venait à augmenter durablement, ce seraient les systèmes agricoles qu'il faudrait modifier. Pour l'élevage, cela peut signifier : diminuer le chargement (exprimé en UGB, Unité Gros Bovins, par ha de surface fourragère), faire des stocks de fourrage en exploitant la croissance pendant les périodes humides de l'hiver, du printemps et de l'automne, utiliser des variétés plus adaptées, plus précoces. En Midi-Pyrénées, sur l'exemple du maïs, les chercheurs ont montré que les leviers à court terme, comme la modification des paramètres de l'irrigation, étaient insuffisants pour limiter significativement la perte économique si la fréquence des années sèches augmente fortement. Et qu'il était nécessaire d'y ajouter une diversification des rotations, avec l'introduction de cultures telles que le blé dur combiné au sorgho.

A côté du volet agronomique, l'autre stratégie à long terme développée par l'Inra passe par l'amélioration génétique, en recherchant par exemple des variétés de maïs ou de blé plus précoces ou à cycle plus court, dont l'essentiel de la croissance se ferait avant l'été, mais aussi avec des enracinements plus profonds et des régulations stomatiques plus fortes.

Pascale Mollier

+d'infos

web :
www.inra.fr/la_science_et_vous/secheresse_et_agriculture



duALIne,

réflexion pour une alimentation durable

L'atelier duALIne, conduit par l'Inra et le Cirad, a réuni pendant 18 mois des acteurs publics et privés et des chercheurs autour de la durabilité de la chaîne de l'alimentation. Un colloque de mise en débat des résultats de cet atelier s'est tenu à Paris le 29 mars 2011.

Quelles recherches pour une alimentation plus durable ? Comment conserver le bien-être alimentaire pour les uns, ou l'atteindre pour d'autres ? Tel était le thème des sept groupes de travail qui ont réuni 120 experts dans le cadre de l'atelier de réflexion collective duALIne, soutenu par l'Inra et le Cirad. Il s'agissait de compléter la prospective Agrimonde par un versant thématique plus orienté sur l'alimentation, en prenant mieux en compte l'environnement et les contextes socio-économiques.

« *A travers cet exercice* » a souligné Marion Guillou dans sa conclusion, « *nous poursuivons la mise en cohérence et le partage des milliers de petits éléments de réponse que nos instituts génèrent et publient dans la littérature scientifique. La recherche finalisée doit remplir ce rôle vis-à-vis de la société au-delà de la production des connaissances de base. Elle déploie pour cela des outils comme l'expertise collective, telle que celle réalisée sur les comportements alimentaires* ».

La diversité de provenance des contributeurs a permis de réfléchir à l'organisation des filières, la valorisation des déchets et des aliments non utilisés, les gaspillages d'aliments sur l'ensemble de la chaîne, le régime alimentaire des pays industrialisés non transposable à la planète, l'infléchissement des tendances de la consommation, les logistiques de production-transports-conservation, la localisation des productions dans un contexte d'urbanisation croissante, la place des pays « des Suds », l'évaluation critique des impacts... Un travail supplémentaire sur les marchés internationaux a été amorcé au premier trimestre 2011.

La restitution du 29 mars 2011 a ménagé un espace à chaque chapitre, pour la réaction d'acteurs de terrain qui avaient pu prendre connaissance, en amont, des idées émergeant des groupes de travail. Un document reprenant les réflexions, débats et conclusions sera publié fin juin 2011.

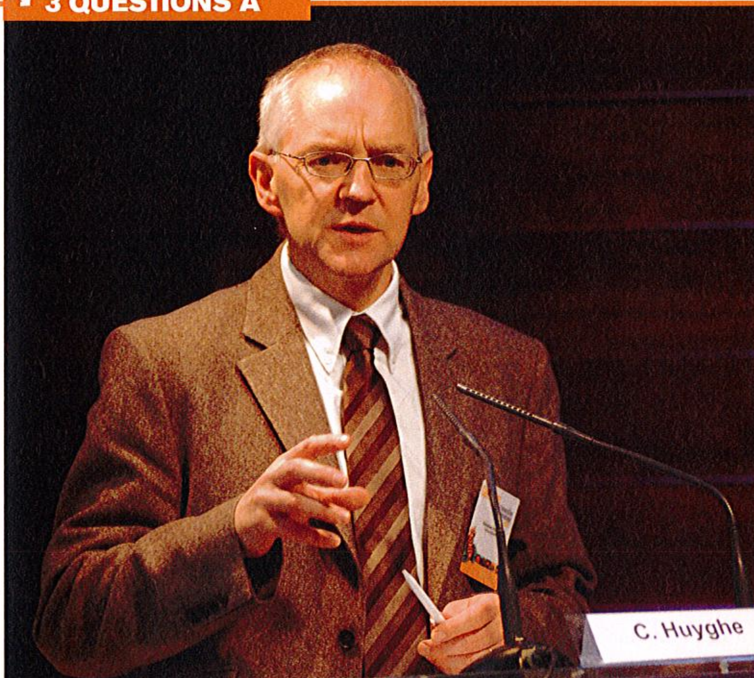
Brigitte Cauvin

+d'infos

web :
www.inra.fr/l_institut/prospective/dualine

De nouveaux Carrefours de l'innovation pour l'alimentation

3 QUESTIONS À



© Inra / Christophe Maître

Christian Huyghe

DIRECTEUR SCIENTIFIQUE ADJOINT DU SECTEUR « AGRICULTURE », COORDONNATEUR DES CARREFOURS.

Qu'est-ce que les CIAG ?
Christian Huyghe : Les Carrefours de l'innovation agronomique, comme leur nom le suggère, sont des lieux de diffusion et de mise en discussion des résultats de l'Inra en tant que sources d'innovation. Ils prennent la forme de colloques au cours desquels les chercheurs de l'Inra font connaître leurs résultats à un large public : ingénieurs du développement agricole, agriculteurs, enseignants, industriels, associations, pouvoirs publics... Les interventions, ainsi que leur retranscription en documents de synthèse, sont accessibles en ligne. Les premiers CIAG ont porté sur des thématiques agricoles (1), mais depuis 2010, l'Inra a choisi de les étendre au secteur de l'alimentation. Le premier CIAG « Alimentation » a eu lieu à Dijon en novembre 2010, sur le thème des lipides : enjeux sensoriels et nutritionnels. Le deuxième s'est tenu à Rennes en avril 2011 sur les protéines laitières.

Pourquoi des CIAG « Alimentation » ?
C.H. : On cultive la terre essentiellement pour produire des aliments. Les techniques agricoles sont choisies en fonction du produit final que l'on veut obtenir, et entre les deux, il y a toutes les étapes de transformation. On ne peut pas dissocier les maillons de la chaîne, il y a un continuum. A l'Inra, nous travaillons de manière de plus en plus intégrée à la fois sur l'agriculture et sur l'alimentation, auxquelles s'ajoute naturellement l'environnement. L'Inra repose sur le tripode « agriculture-alimentation-environnement ». D'ailleurs, il suffit de regarder les intitulés des CIAG « Agriculture » pour voir apparaître les liens avec l'alimentation et l'environnement, par exemple, celui sur la « qualité des fruits et légumes » ou celui sur l' « innovation en agriculture biologique ». Le comité international qui a évalué l'Inra en 2009 a bien perçu cette évolution et a encouragé le renforcement du partenariat dans les secteurs de l'alimentation et de l'environnement, parallèlement à celui qui est à l'œuvre de longue date en agriculture. Le premier CIAG « Environnement » est prévu à l'automne 2011.

Que peut-on attendre des CIAG ?
C.H. : Des idées nouvelles, qui émergent à la confluence des besoins des acteurs et des connaissances, méthodes et outils apportés par la recherche. L'innovation résulte de la rencontre entre, d'une part la connaissance et l'invention potentielle qu'elle porte, et d'autre part les acteurs qui pourront la valoriser. Pour faciliter cette rencontre, les Carrefours veulent donner à voir et à échanger, avec des interventions courtes pour laisser le temps de la discussion autour des orientations de la recherche. Pour les CIAG « Alimentation », nous avons choisi de les organiser sur les sites où se trouvent des pôles de compétitivité, lieux privilégiés d'interactions entre la recherche et l'entreprise : le pôle Vitagora « goût-nutrition-santé » de Dijon et le pôle Valorial de Rennes, qui organise des projets de recherche et développement autour de l'« aliment de demain ». ●

Propos recueillis par Pascale Mollier

(1) **Liste des CIAG « Agriculture » :**
- Tournesol et agriculture durable, juin 2011
- Légumineuses et agriculture durable, décembre 2010
- Qualité des fruits et légumes, octobre 2010
- Grande culture économe en pesticides, mai 2010
- Variétés et modes de cultures, novembre 2009
- Forêts et tempêtes, juin 2009
- Agriculture péri-urbaine, mai 2009
- Maîtrise de la flore adventice, décembre 2008
- Innovation en agriculture biologique, mai 2008
- Protection intégrée arboriculture-viticulture, novembre 2007

Alliance de recherche pour réduire les gaz à effet de serre : les Etats signent



VISITE DES PARTICIPANTS DE LA GRA (Global Alliance Research) à l'Inra de Clermont-Ferrand.

© Inra / Florent Giffard

La Global research alliance (GRA) prend corps, avec la signature de sa charte le 24 juin à Rome. Depuis janvier 2011, trois nouveaux pays (l'Afrique du Sud, la Thaïlande et l'Italie) ont adhéré à ce consortium international qui rassemble actuellement 33 pays (1). La GRA a pour but de renforcer la coopération scientifique internationale en vue d'améliorer la productivité agricole, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine agricole. Par leur signature, les représentants des 33 pays impliqués approuveront les grands axes définis en commun à l'issue de deux conférences plénières.

La deuxième conférence plénière a été organisée par la France à Versailles (voir encadré) en février 2011. Elle a permis des échanges constructifs entre les scientifiques et les représentants des Etats sur la gouvernance et les programmes. Outre la définition consensuelle des grandes orientations de recherche, les participants ont identifié des avancées qui marqueront la réussite de l'Alliance face à ses objectifs, à savoir : des méthodes de mesures et de modélisation des émissions de GES et de la séquestration de carbone dans le sol, des connaissances permettant de développer des innovations pour limiter l'émission des GES, un partenariat renforcé entre la recherche publique, les agriculteurs, le secteur privé, les fondations, les ONG...

Les scientifiques, organisés en groupe de travail, avaient été préalablement accueillis pour mener leurs réflexions dans trois centres Inra : Versailles pour les groupes thématiques « riz » et « grandes cultures », Clermont-Ferrand pour le groupe « élevage » et Orléans pour le groupe transversal « cycles du carbone et de l'azote ». Ce dernier groupe est animé par Jean-François Soussana, directeur scientifique « Environnement » à l'Inra. Les chercheurs de l'Inra constituent l'essentiel de la représentation scientifique française de l'Alliance, aux côtés de ceux du Cirad qui sont particulièrement impliqués dans le groupe « riz ».

La charte signée en juin officialise aussi le fonctionnement de la GRA, avec un Conseil qui préside l'ensemble des activités de l'Alliance, les groupes de recherche thématiques et transversaux déjà à l'œuvre, et un secrétariat administratif, assuré actuellement par la Nouvelle-Zélande. La charte prévoit enfin un volet communication pour assurer les multiples échanges au sein de l'Alliance (entre groupes de recherche et Conseil) ainsi que la diffusion vers l'extérieur (partenaires, décideurs, organisations de producteurs, ONG...).

Pascale Mollier

(1) **Liste des pays :** Afrique du Sud, Allemagne, Argentine, Australie, Canada, Chili, Colombie, Danemark, Espagne, Etats-Unis, Finlande, France, Ghana, Grande-Bretagne, Inde, Indonésie, Irlande, Italie, Japon, Malaisie, Mexique, Nouvelle-Zélande, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pérou, Philippines, Russie, Suède, Suisse, Thaïlande, Uruguay, Vietnam.

Historique de la GRA

- Initiative lancée le 16 décembre 2009 à Copenhague, lors de la 15e conférence des parties de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.
- Première conférence plénière : 7-9 avril 2010 à Wellington (Nouvelle-Zélande).
- Réunion du groupe de gouvernance à Buenos Aires, 27-29 juillet 2011 : premières discussions pour établir la Charte.
- Deuxième conférence plénière : 28 février-4 mars 2011 à Versailles en France, organisée par l'Inra avec le soutien des ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie et de la recherche.
- Réunion ministérielle et signature de la charte : 24 juin 2011 à Rome (Italie).

contact Inra :
Gilles.Aumont@tours.inra.fr,
Jean-Francois.Soussana@paris.inra.fr
web : www.globalresearchalliance.org

Quatre nouvelles variétés de blé tendre pour réduire les intrants

Les efforts de création variétale de l'Inra et sa filiale Agri-Obtentions ont conduit à inscrire au cours de l'année 2010, quatre nouvelles variétés de blé tendre au catalogue officiel français (1), chiffre exceptionnel en regard du rythme moyen d'inscription (moins d'une variété par an). Ces variétés, qui cumulent rusticité et qualité, ont été obtenues grâce à un programme financé par l'Inra et sa filiale depuis huit ans.


© Inra / Jean-Marie Bossennec

L'un des objectifs des chercheurs du département Génétique et amélioration des plantes de l'Inra est de créer de nouvelles variétés sur des crénaux d'intérêt collectif, mais intéressant aussi le secteur privé. En octobre dernier, ils ont obtenu l'inscription au catalogue français de trois variétés Inra (Flamenko, Folklor et Musik), et une variété Agri-Obtentions (2) (Karillon). Ces quatre lignées présentent chacune une ou plusieurs caractéristiques intéressantes pour les conduites à intrants réduits (voir encadré).

L'Inra conduit depuis longtemps des recherches sur la sélection du blé tendre pour répondre à l'enjeu de réduction des intrants. Le blé, première culture française avec 5 millions d'hectares, est en général produit dans des systèmes agricoles intensifs (3). Ces pratiques ont permis une augmentation spectaculaire de la production, faisant de la France le cinquième producteur mondial et le second exportateur en 2010, avec un rendement moyen de 71.3 q/ha, l'un des plus élevés au monde. Néanmoins, elles sont de plus en plus questionnées, du fait du coût énergétique des intrants, des pollutions engendrées (nitrates, gaz à effet de serre) et parfois des résidus dans les produits alimentaires. Elles sont en particulier remises en cause par les objectifs du plan Ecophyto 2018 (-50% de pesticides, si possible, en 10 ans), et par l'exigence européenne d'atteindre en 2015 « le bon état écologique des eaux ».

A l'objectif historique de création de génotypes multirésistants aux maladies, s'ajoute actuellement la problématique de la valorisation de l'azote et, progressivement, celle de l'adaptation au changement climatique.

Les quatre nouvelles variétés permettent une intéressante diversification de la gamme des variétés rustiques proposées aux agriculteurs (notamment en terme de précocité). Elles donneront plus de possibilités aux agriculteurs pour réduire l'utilisation des fongicides et de l'azote en maintenant ou en améliorant la marge brute des cultures de blé tendre. Les efforts ne s'arrêtent pas là. Les qualités de rusticité peuvent encore être améliorées, pour des systèmes de culture économes en intrants et résilients vis-à-vis des stress hydrique et climatique. C'est pourquoi les programmes de croisements et de sélection, désormais aidés par les marqueurs moléculaires, se poursuivront dans le nouveau projet 2011-2014 « Blé tendre HPEE » (hautes performances économiques et environnementales).

Odile Bernard

Les quatre lignées Inra ont passé avec succès les épreuves d'inscription au CTPS en 2009 et 2010 :

- **Folklor** : classée première en zone Nord, classée BPS (Blé Panifiable Supérieur), bonus pour sa résistance à la septoriose*.
- **Karillon** : classée BPS en zone Nord, bonus pour sa résistance au piétin-verse.
- **Musik** : classée BPS , deux bonus pour sa résistance au piétin-verse et au virus de la mosaïque.
- **Flamenko** : classée BP (Blé Panifiable) en zone Sud, bonus pour un faible écart de rendement entre conduites « traité » et « non traité ».

* Maladie contre laquelle il est difficile de lutter, car le champignon qui en est la cause est devenu résistant à plusieurs matières actives de fongicides.

(1) Le catalogue officiel est géré par le CTPS (Comité technique permanent de la sélection), qui examine les demandes d'inscription. Une inscription au catalogue équivaut à une autorisation de mise sur le marché.

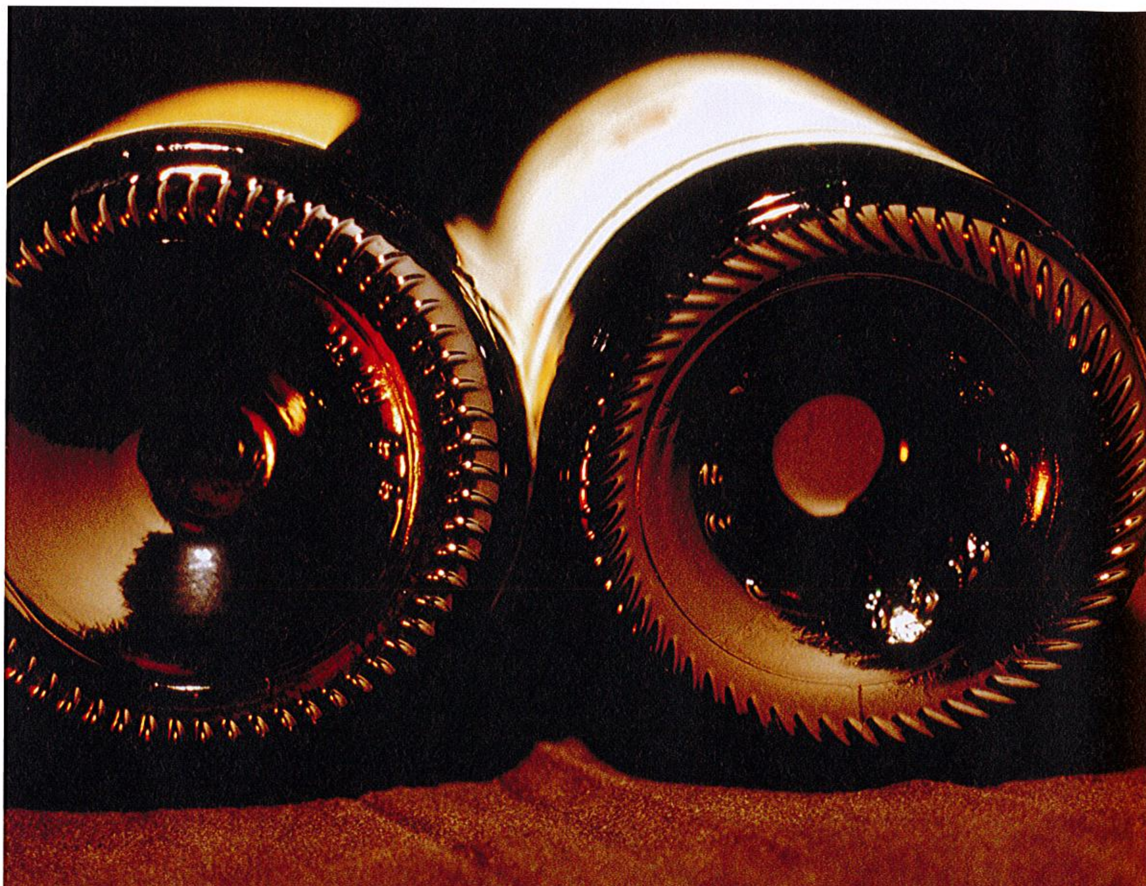
(2) Agri-Obtentions est une société filiale de l'Inra, chargée de gérer le portefeuille de variétés de l'Inra.

(3) IFT actuel = 2.4 à 4.9
IFT : indice de fréquence de traitement
source : Ecophyto R&d, janv. 2010.

+d'infos

contact :
gilles.charmet@clermont.inra.fr

Fond de terroir


© Inra / Christophe Maître

Le terroir est un trésor moins « naturel » qu'on ne l'imagine. Le style d'un vin d'AOC peut même tenir davantage des pratiques viticoles et œnologiques que de l'origine des parcelles de vigne. Une alchimie méconnue qu'a étudiée Yves Cadot, de l'unité « Vigne et Vin » de l'Inra d'Angers.

Une appellation d'origine contrôlée (AOC) est une famille, dont les membres, loin d'être identiques, partagent toutefois un certain style. Prenez l'AOC Anjou-Villages-Brissac : les producteurs de ces vins rouges les décrivent comme « colorés », « concentrés », « longs en bouche », « gras et ronds », marqués par des arômes de « fruits noirs » et de « fruits rouges »... Certaines caractéristiques peuvent varier selon le millésime ou avec l'évolution des techniques, mais, dans l'ensemble, elles témoignent d'un lien à un terroir particulier. Ce lien entre l'AOC et son terroir doit obligatoirement figurer dans le cahier des charges transmis à la Commission européenne. Il est aussi primordial pour la communication : si les consommateurs parviennent à se représenter le terroir, l'AOC gagne en prestige.

Alors, quand un vin a mal à son terroir, il est urgent de réagir. L'AOC Anjou-Villages-Brissac, justement, doit faire face à une crise d'identité. Elle peine à séduire : sur les 2 400 hectares inscrits dans l'AOC (dans le bassin de l'Aubance, au sud d'Angers et au sud de la Loire), une petite centaine seulement est valorisée. Des viticulteurs du secteur préfèrent même produire du vin de l'Anjou rouge, *a priori* moins renommé. Pourquoi cette désaffection ? Pour y voir plus clair, les vignerons se sont tournés vers l'unité « Vigne et Vin » de l'Inra, située à Beaucouzé, dans le Maine-et-Loire, une équipe pluridisciplinaire de dix personnes. Pendant trois ans (pour prendre en compte l'effet du millésime), le biochimiste et œnologue Yves Cadot (1) s'est donc penché avec ses collègues sur cette AOC et son lien au terroir, également appelé typicité.

Le terroir n'est pas le sol

Les 41 producteurs des dix communes de la zone ont été interviewés. Résultat : il y a un décalage entre leur représentation du terroir et les facteurs qui influencent effectivement le style du vin. Selon eux, la typicité de l'Anjou-Villages-Brissac résulte du sol et du

sous-sol, puis du cépage et du porte-greffe. En revanche, ils sous-estiment (à de rares exceptions près) l'impact des pratiques viticoles et œnologiques sur la typicité de leur AOC. A tort : un jury expert (des « naïfs entraînés » de l'Inra agissant selon une méthode qui fait référence) a permis d'établir qu'en réalité, ces pratiques sont déterminantes. L'Anjou-Villages-Brissac, c'est avant tout un raisin plus sucré, une récolte tardive, des rendements faibles ainsi qu'une cuvaison et un élevage longs. Les parcelles et les cépages employés (Cabernet franc et Cabernet Sauvignon) comptent moins dans le style du vin obtenu, n'en déplaise aux vignerons.
L'équipe de l'UMT Vinitera est parvenue à expliquer ce surprenant constat d'un point de vue biochimique. Certains composés phénoliques, les proanthocyanidines (les tanins du raisin et du vin), migrent sensiblement dans les grains de raisin en fonction de leur maturité. La diffusion de ces tanins dans le vin dépend donc de la date des vendanges : tardive, elle vient largement modifier les caractéristiques sensorielles du produit final. Les teneurs en sucre des baies (dont dépend le degré d'alcool du vin) et en anthocyanes libres (pigments rouges), qui structurent le breuvage, comptent également beaucoup dans la typicité de l'AOC.


© Inra / Jean-Luc Gaignard

VIGNOBLE de l'Aubance.

La typicité est une construction sociale

« *Historiquement, on partait du postulat que le terroir, c'était le sol*, rappelle Yves Cadot. *Depuis une vingtaine d'années, des travaux ont toutefois amené à ne pas occulter le travail des vignerons, en mettant le doigt sur telle ou telle pratique. Mais c'est la première fois qu'on étudie le système terroir dans son ensemble, en développant une méthodologie spécifique qui tient compte du sol, des cépages et des pratiques viticoles et œnologiques* ».
Des travaux précédents (2) avaient déjà établi des liens entre la nature du sol et le comportement de la vigne, en particulier vis-à-vis de la contrainte hydrique, de la vigueur, de la précocité du cycle et de la composition physico-chimique des baies. Mais la typicité est une « construction sociale » qui dépasse le cadre du vignoble. Dans le système des AOC, cette construction résulte d'un consensus entre les acteurs de la production. Parfois, pour atteindre rapidement certaines caractéristiques recherchées, ils peuvent être tentés de concentrer leurs efforts sur des pratiques viticoles et œnologiques comme l'assemblage, surtout lorsque l'AOC est hétérogène d'un point de vue géologique et que les conditions climatiques sont très variables (ce qui est le cas pour l'Anjou-Villages-Brissac).
Cette « vision dynamique » de l'AOC est légitime : l'évolution des pratiques est prise en compte dans la notion d'AOC. Mais quand ces pratiques en viennent à masquer les facteurs environnementaux (sol, sous-sol, climat), quand trop d'artifices cachent la vraie nature de l'AOC, cela peut poser problème. « *Le sol peut être masqué si cela s'explique par des pratiques adaptées au sol. Mais si 90 % de la typicité d'un vin s'explique par des pratiques mises en œuvre indépendamment du milieu, il devient plus facile de le produire ailleurs*, prévient Yves Cadot. *Il y a un juste équilibre à trouver. Notre étude a ceci de novateur qu'elle permet de faire la part des choses, et de proposer, si c'est nécessaire, des "voies de progrès"* ». A terme, des outils pourraient être mis en place pour évaluer la qualité de la vendange et adapter les processus d'élaboration, tout en respectant la typicité du vin.
En outre, plus les pratiques viticoles et œnologiques sont déterminantes, plus les vignerons doivent travailler en équipe. « *Nous nous sommes aperçus que les producteurs de l'AOC Anjou-Villages-Brissac ne sont pas d'accord sur ce que doit être le vin idéal. Or, il est indispensable que se dégage une approche collective de la production, en la conciliant avec la logique individuelle de ces entrepreneurs* ».
Chaque année, au fil de ses recherches, l'équipe de l'Inra a établi un compte rendu à l'attention des producteurs. Maintenant que l'étude est terminée et publiée, Yves Cadot va en diffuser les résultats sur le site de l'interprofession. « *Il leur appartient désormais de dégager un consensus sur le profil sensoriel d'un vin porteur de cette AOC et sur les dimensions du terroir à mettre en avant. Peut-être pourraient-ils, comme cela se fait déjà dans certaines AOC, se réunir une fois par an en apportant chacun une bouteille, afin d'échanger sur ce qu'ils attendent de leur AOC ?* ». Une manière spirituelle de répondre à de spiritueuses interrogations.

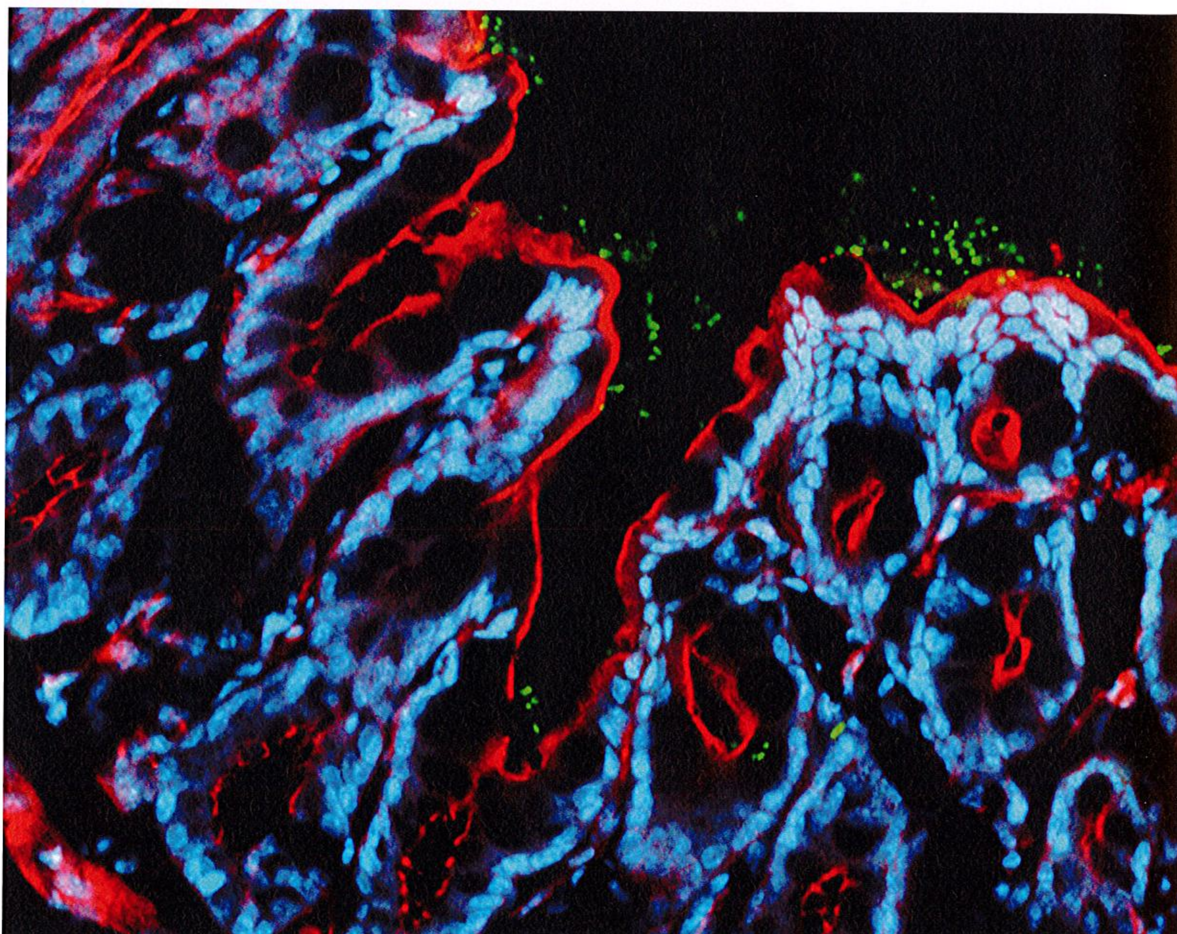
Eric Lecluyse

(1) Yves Cadot a soutenu une thèse en décembre 2010 sur le lien au terroir, de la représentation conceptuelle à la représentation perceptuelle.
(2) Bodin, F. and Morlat, R. 2006. Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth I and II. *Plant and Soil* 281 (1-2): 37-69.

+d'infos

référence :
Cadot, Y. (2011). « Vins de terroir et styles de vins : relations entre le style de vin recherché, la nature des sols et les pratiques des viticulteurs. » *Géologues* 168 : 30-32.
contact :
Yves.Cadot@angers.inra.fr

Colibactine, toxine maligne d'*E. coli*



ESCHERICHIA COLI **est une bactérie commensale, qui normalement vit pacifiquement dans le tube digestif. *E. coli* (en vert) dans l'intestin d'une souris. Certaines souches peuvent cependant être pathogènes, voire létales.**

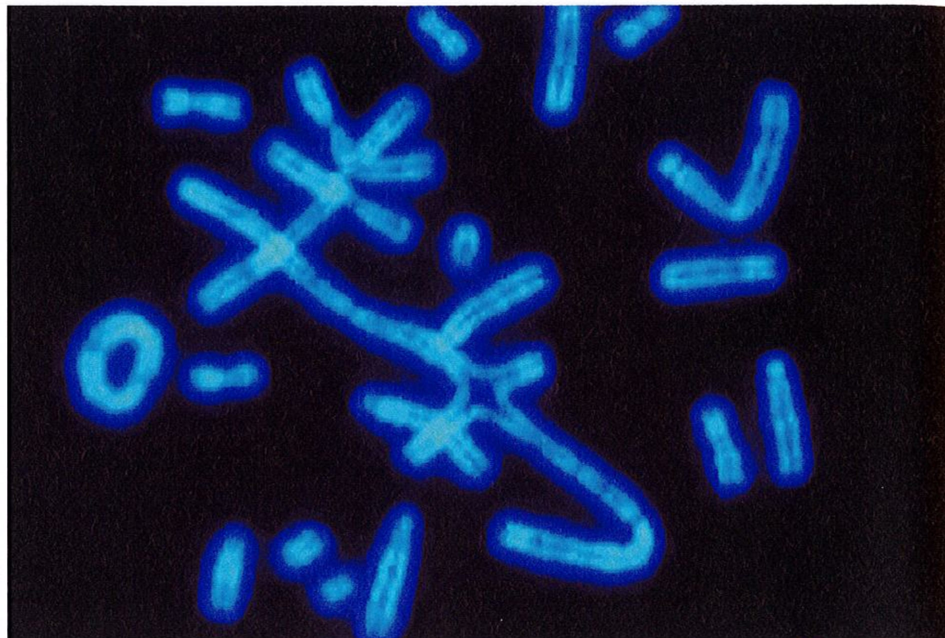
Des chercheurs de l'Inra ont identifié une nouvelle toxine produite par la bactérie *Escherichia coli* qu'ils ont baptisée « Colibactine ». Elle pourrait être impliquée dans l'apparition du cancer du côlon.

Y a t'il un lien entre une gastro-entérite que vous avez eu lorsque vous étiez enfant, dont vous n'avez même plus souvenir, et un cancer du côlon apparu à la cinquantaine ? Possible, ce pourrait être les dommages, à plusieurs dizaines d'années d'intervalle, causés par le passage d'une *E. coli* capable de sécréter la toxine Colibactine. « *On n'imaginait pas qu'*E. coli, *bactérie qui colonise en masse notre tube digestif dès la naissance, qui est aussi la bactérie la plus étudiée et la plus connue, puisse synthétiser une toxine à l'action aussi radicale. Elle endommage les gènes des cellules attaquées* » explique Jean-Philippe Nougayrède du laboratoire « Pathogénie cellulaire et moléculaire des infections à *E. coli* » de Toulouse (1) et impliqué dans cette découverte. « *Il est probable que les bactéries ont inventé ce processus il y a fort longtemps, mais les scientifiques ne l'avaient pas remarqué jusqu'alors* ». Ce que le biologiste et ses coéquipiers ont appris de la Colibactine ces cinq dernières années font d'elle une toxine à part, dans l'univers à la biodiversité foisonnante des *E. coli*, même s'ils ignorent encore presque tout de son mode d'action et des facteurs qui la déclenchent.

Tout d'abord, il y a l'effet « grosse cellule » qui avait mis les chercheurs sur la piste de la toxine, il y a plus d'une dizaine d'années déjà. Au contact de la Colibactine, les cellules en culture développent une mégalocytose : elles deviennent géantes car elles bloquent leur cycle de division cellulaire (2). Or, l'arrêt du cycle cellulaire est une réponse de protection après des dommages causés à l'ADN de la cellule. Les chercheurs ont par la suite établi que ces grosses cellules avaient en effet subi des cassures simultanées des deux brins complémentaires de l'hélice d'ADN.

De l'instabilité des gènes à l'instabilité du génome

« *Ces lésions sont les plus délétères et mutagènes que l'ADN puisse subir : la réparation devient quasi impossible pour la cellule. La recombinaison inappropriée avec d'autres parties du génome est alors facilitée*, détaille Gabriel Cuevas-Ramos qui a rejoint le laboratoire en 2008 pour conduire une nouvelle série d'expériences. Car les premiers résultats avaient été obtenus *in vitro* et à des doses infectieuses élevées (100 bactéries par cellule). « *J'ai montré par la suite qu'une simple infection de cellules en culture à faible dose (1 à 20 bactéries par cellule) comme c'est le cas* in vivo, *provoque un taux anormalement élevé d'erreurs de réparation et déclenche une instabilité chromosomique persistante, ce qui a donné lieu à une publication en 2010* (3) ». Problème, les cellules qui acquièrent une instabilité génomique n'en finissent pas de muter jusqu'à acquérir une autonomie biologique sans lien avec leur tissu d'origine, caractéristique des cellules cancéreuses. Autre source d'étonnement pour les chercheurs, la nature chimique de la Colibactine. Elle n'est pas une simple protéine du type des autres toxines sécrétées par *E. coli*. Bien que les chercheurs n'aient pas réussi à ce jour à isoler la molécule, trop instable, ils ont observé que les *E. coli* qui la sécrètent possèdent dans leur génome un îlot « pks » (4), qui code pour des polyketide-peptide synthases. Ces enzymes, parmi les plus longues protéines connues, sont capables de réaliser plusieurs réactions d'assemblage en chaîne pour produire un métabolite final, un polyketide-peptide. Plusieurs molécules de ce type sont devenues des médicaments importants, comme la pénicilline (utilisée comme antibiotique) ou la cyclosporine (immunosuppresseur), ce qui a décidé les chercheurs à utiliser le même suffixe lorsqu'ils ont inventé le nom Colibactine. De plus, l'îlot pks fait partie des « éléments mobiles » de l'ADN d'*E. coli*, ce qui explique peut-être sa distribution au sein du même groupe phylogénétique B2 (5). Les chercheurs l'ont retrouvé dans 53 % des souches pathogènes (qui peuvent résider temporairement dans le tube digestif avec des conséquences potentiellement graves pour la santé) extra-intestinales (6) mais aussi dans 34 % de souches commensales (hébergées toute notre vie dans l'intestin sans créer de maladie). « *Cette large distribution est surprenante pour un gène exprimant une toxine* » poursuit Jean-Philippe Nougayrède.



© Inra / Jean-Philippe Nougayrède

L'ANNEAU est la forme la plus spectaculaire des anomalies chromosomiques qui apparaissent sous l'effet de la Colibactine.

Les Européens ont plus de chance de porter la Colibactine

Si les chercheurs n'ont pu établir de relation directe entre la présence de l'îlot pks et le niveau de virulence des souches, ils ont toutefois été surpris par la prévalence du groupe B2 dans les flores des populations humaines des pays industrialisés ou au climat tempéré, comme les Etats-Unis, le Japon ou la France. Plus surprenant, cette prévalence est en nette augmentation, elle a presque doublé les vingt dernières années dans ces pays. Parallèlement, on observe dans ces mêmes pays une augmentation des cancers du côlon. La France, où cette maladie représente la deuxième cause de décès par cancer, a lancé dernièrement une campagne de dépistage pour les personnes de plus de 50 ans.

Pour autant, « *ce n'est pas en éradiquant une souche portant l'îlot pks ou en la remplaçant par une autre moins dangereuse qu'on éliminera complètement le risque de cancer du côlon*, avertit Eric Oswald également auteur de ces travaux, *car c'est une maladie multifactorielle où entrent aussi en jeu la sensibilité de l'hôte, ses prédispositions génétiques, son régime alimentaire, son mode de vie, ses expositions aux toxines ou à des rayonnements de l'environnement, etc.* ». Cette maladie a aussi la particularité de ne se manifester que des dizaines d'années après l'apparition de la première cellule cancéreuse dans l'organisme.

La question cruciale pour les chercheurs est maintenant de déterminer l'importance de la Colibactine dans le processus multifactoriel de cette maladie. Pour cela, les chercheurs mettent en place un dispositif expérimental de deux ans sur des souris qui ont été exposées à la Colibactine afin d'en mesurer les conséquences à long terme. L'équipe reçoit des financements de l'Inra et de l'ANR mais aussi de l'ARC et de la Ligue contre le cancer. ●

Magali Sarazin

(1) Inra et centre Inserm de physiopathologie de Toulouse-Purpan.
(2) Les chercheurs ont donné le nom de « cyclomodulines » à la famille de toxines qui perturbent le déroulement normal du cycle cellulaire des cellules hôtes : elles sont soit inhibitrices (en ralentissant le renouvellement des cellules hôtes, elles facilitent la colonisation bactérienne) soit stimulatrices (la division cellulaire stimulée altère la différenciation et le développement cellulaire).
(3) http://url.inra.fr/l4UOX1
(4) L'îlot PKS de Colibactine comprend 23 gènes.
(5) L'espèce est composée de 5 groupes phylogénétiques majeurs : A, B1, E, D et B2.
(6) Elles ont la capacité de coloniser d'autres organes hors du système gastro-intestinal et sont responsables d'infection urinaire, de méningite, de septicémie, etc.

+d'infos

références :

Gabriel Cuevas-Ramos, Claude R. Petit, Ingrid Marcq, Michèle Boury, Eric Oswald and Jean-Philippe Nougayrède. *Escherichia coli* induces DNA damage *in vivo* and triggers genomic instability in mammalian cells. *PNAS*, 22 juin 2010.

Jean-Philippe Nougayrède, Stefan Homburg, Frédéric Taieb, Michèle Boury, Elzbieta Brzuszkiewicz, Gerhard Gottschalk, Carmen Buchrieser, Jörg Hacker, Ulrich Dobrindt and Eric Oswald. *Escherichia coli* induces DNA Double-Strand Breaks in Eukaryotic Cells. *Science,* 11 août 2006.

contacts :

Gabriel Cuevas-Ramos, g.cuevas@envt.fr
Jean-Philippe Nougayrède, jp.nougayrede@envt.fr
Eric Oswald, e.oswald@envt.fr


© Inra / Aline Bertin

Du neuf dès l'œuf

Les chercheurs de l'Inra de Tours (1) ont montré que l'on peut familiariser des embryons de poulets à des odeurs et utiliser cette expérience pour réduire les réactions de rejet en présence d'aliments nouveaux.

Les oiseaux n'aiment pas la nouveauté. Notamment en matière d'alimentation. A tel point que dans les élevages, les poulets à qui on présente une nouvelle nourriture peuvent refuser de manger et parfois en venir à picorer leurs congénères ou leur litière… Afin de contourner cette « néophobie » (ou peur de la nouveauté), les chercheurs ont eu l'idée de diffuser des odeurs dans l'incubateur où se trouvent les œufs. Ils ont choisi un mélange d'huiles essentielles de vanille et d'orange, auxquelles les poulets sont sensibles. Ils ont observé qu'après éclosion, les poussins acceptaient mieux les aliments contenant ces odeurs. Ces résultats montrent que dès le stade embryonnaire, dans l'œuf, l'olfaction des oiseaux est bien développée et que familiariser les embryons avec une odeur les aide, une fois éclos, à accepter un aliment nouveau. Il importe cependant de bien doser l'intensité de ces odeurs, car un excès peut déclencher des aversions.

Réduire la peur par l'odeur et par le contrôle du stress maternel

« *Ces études soulignent le rôle de l'expérience périnatale : l'expérience dans l'œuf et les premiers jours de vie sont essentiels*, explique Aline Bertin, qui a mené ces travaux à l'Inra de Tours. *Lorsque les éleveurs signalent des problèmes de néophobie alimentaire sur leurs animaux âgés de plusieurs semaines, ce problème est en fait présent dès les premiers jours de vie* ».

Ces résultats laissent entrevoir plusieurs solutions pour résoudre les problèmes liés à la néophobie. Chez les mammifères (homme, mouton, lapin, chien, chat, rongeurs), les fœtus baignent dans le liquide amniotique dont les propriétés olfactives et gustatives dépendent de l'alimentation de la mère. Après la naissance, cette expérience prénatale conduit à une préférence envers ces mêmes odeurs et goûts. De la même façon, chez l'oiseau, on peut envisager d'établir une continuité olfactive en donnant à la mère un aliment possédant une odeur marquée, qui, en passant dans l'œuf, est mémorisée par l'embryon. L'odeur sera ensuite introduite dans l'alimentation pendant tout l'élevage.

Mais il faut aussi s'intéresser à une autre dimension : celle de l'élevage des reproducteurs et du stress maternel. « *La néophobie est une réponse émotionnelle chez les oiseaux, or, on sait que si la mère est stressée, elle transmettra dans les œufs des hormones qui peuvent rendre les poussins plus émotifs* indique la chercheuse. *On peut envisager, en complément d'une familiarisation à des odeurs, de mieux gérer les populations parentales et d'apporter une alimentation variée dès l'éclosion afin d'habituer les animaux à changer d'aliment régulièrement.* »

Laurent Cario

(1) Unité mixte de recherche de physiologie de la reproduction et des comportements.

La néophobie alimentaire

La peur des aliments nouveaux existe chez tous les mammifères, mais elle s'exprime le plus fortement chez les oiseaux. Des recherches ont montré que les oiseaux sauvages peuvent, en présence d'aliments nouveaux, refuser de les manger pendant plusieurs jours. On parle de « *food conservatism* » c'est-à-dire d'habitudes alimentaires très conservatrices.

+d'infos

référence :

Bertin, A *et al.* 2010. *In Ovo* Olfactory Experience Influences Post-hatch Feeding Behaviour in Young Chickens. *Ethology*, 116, 1027-1037.

contact :

aline.bertin@tours.inra.fr

La forêt française face au changement climatique

Il est maintenant établi que les forêts connaîtront une nette évolution du climat d'ici cent, voire cinquante ans. Vont-elles s'adapter, se modifier radicalement ou dépérir ? Pour répondre à ces questions, les chercheurs de l'Inra travaillent à décrypter le fonctionnement de ces écosystèmes complexes ainsi que le dialogue intime qu'ils entretiennent avec le climat. Car si les forêts vont subir les assauts du changement climatique, elles sont aussi capables de l'atténuer. Les recherches de l'Inra ont également l'objectif finalisé de donner des solutions à la filière forêt-bois pour une gestion durable de la ressource. Pour un sylviculteur, cent ans, c'est aussi l'âge moyen d'exploitation d'un arbre. Il faut donc agir dès maintenant.

INRA



1 Changement climatique : à quoi peut-on s'attendre ?

Le changement climatique modifie le fonctionnement de l'arbre et de l'écosystème forestier en général. Certains effets peuvent être bénéfiques, la plupart sont néfastes en l'absence d'adaptation. Les extrêmes climatiques pourraient aussi jouer un rôle décisif. Malgré des incertitudes, les nombreuses recherches de l'Inra permettent d'entrevoir les impacts à venir, les peuplements les plus vulnérables ainsi que des pistes d'adaptation.

2011 a été déclarée « année internationale des forêts » par l'assemblée générale de l'ONU. Si les forêts sont ainsi mises à l'honneur, c'est en raison des nombreux services qu'elles rendent à la société. Stockage du CO_2, production d'eau de qualité, action sur le microclimat, protection des sols contre l'érosion ou tout simplement accueil du public, leur apport est loin de se cantonner à la production de bois. L'usage du bois lui-même va se diversifier avec de nouvelles utilisations énergétiques de la biomasse ligneuse (chaufferies bois, biocarburant). Au niveau national, l'importance de cette multifonctionnalité a été rappelée en 2007 par les conclusions du Grenelle de l'environnement et des Assises de la forêt.

La forêt est également un réservoir de biodiversité, car elle reste un écosystème protégé où l'homme intervient peu en comparaison avec les zones cultivées. La diversité de la forêt française métropolitaine est d'ailleurs unique en Europe. La France étant située au carrefour de quatre zones bioclimatiques, on y compte autant d'écosystèmes forestiers différents : la forêt de plaine atlantique, dont la forêt de pin maritime en Aquitaine, la forêt de plaine semi-continentale, la forêt de montagne et la forêt méditerranéenne. A l'Inra, plusieurs centres (Nancy, Bordeaux, Orléans et Avignon) s'emploient à élucider les impacts du changement climatique sur chacun de ces écosystèmes, en tenant compte de leurs spécificités (sol, essences, climat local, pratiques sylvicoles).

Changements multiples, effets contrastés

L'intensité des changements à venir fait encore débat, en raison d'incertitudes inhérentes aux prévisions des émissions de gaz à effet de serre (GES). En revanche, la nature de ces évolutions est maintenant bien connue : augmentation de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère, hausse des températures, modifications du régime pluviométrique. A ces tendances moyennes s'ajoutent des épisodes extrêmes (sécheresses, canicules, tem-

pêtes) potentiellement plus fréquents et la progression des stress biotiques (ravageurs, maladies).
Quelles sont les conséquences de ces évolutions sur la production de la forêt et donc sur sa capacité à stocker du carbone ? En réalité, les effets des différentes composantes du changement climatique sont contrastés. Deux facteurs agissent dans le sens d'une amélioration de la productivité : d'une part, l'augmentation de la concentration en CO_2 de l'atmosphère (+ 40% depuis le milieu du XXe siècle) qui stimule l'activité photosynthétique des arbres. D'autre part, une hausse mesurée des températures allonge la saison de végétation des arbres, en avançant les stades de développement au printemps et en retardant l'arrêt physiologique à l'automne. Par contre, la hausse des températures augmente les besoins en eau des végétaux, demande qui pourrait être plus difficile à satisfaire à l'avenir en raison de l'augmentation de l'évapotranspiration et de la diminution des précipitations. Les modèles climatiques prévoient en effet des précipitations parfois plus importantes en hiver, mais globalement plus rares en été au moment où la végétation en a le plus besoin.
Quel sera le bilan au final ? Cette question pose un véritable défi à la recherche. En effet, l'analyse dendrométrique (1), qui a longtemps servi à prévoir la productivité des forêts, ne s'applique plus sur les bases classiques qui supposent un environnement constant. Il faut donc aller plus loin et approfondir les connaissances sur le fonctionnement primaire de la forêt : les flux et les stocks de carbone, d'eau, de minéraux. Mesurer ces cycles couplés sur le long terme, depuis le sol jusqu'à l'atmosphère, constitue justement l'un des objectifs de l'observatoire de recherche et d'expérimentation en environnement « F-ORE-T » mis en place en 2002 par l'Inra et ses partenaires (2). La dynamique des communautés d'organismes associés (champignons, bactéries, microfaune du sol, pathogènes...) y est également analysée. Cet observatoire comprend un réseau dense de placettes d'observation et une quinzaine de sites-ateliers équipés de nombreux instruments de mesure. *In fine*, il permettra de comprendre l'influence du climat sur la production forestière et de développer des modèles d'évolution des écosystèmes forestiers qui en tiennent compte, tout en intégrant également l'effet des pratiques sylvicoles et des changements d'usage des terres.

Des chenilles qui ne perdent pas le nord

Le changement climatique favorise aussi la propagation de certains bioagresseurs des espèces forestières. L'expansion de la processionnaire du pin vers le nord et en altitude est emblématique de ce phénomène. A tel point que l'Onerc* considère cette progression comme un bioindicateur du changement climatique. Les chenilles de cet insecte se régalent des aiguilles de différents pins comme de celles des cèdres et peuvent considérablement freiner le développement de ces essences. De plus, hérissées de poils urticants, elles posent également un problème sanitaire pour l'homme et les animaux en provoquant des allergies.


© Inra / Christelle Robinet

CORTÈGE de chenilles processionnaires dans un pin.

Les chenilles de la processionnaire du pin meurent en dessous de -16°C. D'autre part, pour se nourrir, elles ont besoin à la fois d'une température dans le nid supérieure à 9 °C pendant la journée et d'une température ambiante supérieure à 0°c pendant la nuit. Le réchauffement climatique augmente donc le nombre de jours au cours desquels elles peuvent se nourrir et progresser entre octobre et mars. L'augmentation des températures a rendu l'ensemble de la région parisienne propice à leur développement dès 2004. La question est donc de savoir à quelle vitesse l'espèce va avancer dans cet espace devenu accueillant. L'unité de zoologie forestière du centre Inra d'Orléans a modélisé le front d'expansion de la processionnaire du pin en fonction des possibilités d'évolution du climat. Le scénario le plus optimiste indique une colonisation atteignant Paris dès 2025. Leur apparition en zone urbaine est d'autant plus inquiétante que les populations ne sont pas habituées à s'en méfier. La prévision des futures zones à risques constitue donc un enjeu majeur pour cibler les mesures de prévention.

* Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique


© Fred Fokkelman

Histoire d'eau

Profitant de cet outil puissant, les chercheurs de l'Inra ont développé un modèle de fonctionnement primaire des forêts centré sur les cycles couplés de l'eau et du carbone (3). A partir des premiers scénarios climatiques et des nombreux relevés réalisés par l'inventaire forestier national (IFN), celui-ci a permis de calculer le potentiel climatique de production à l'horizon 2100. Il prévoyait alors une baisse de productivité sur la moitié sud de la France et la façade ouest de la France

en raison du cycle saisonnier des précipitations. En revanche, pour la partie centre et nord-est, l'effet apparaissait neutre voire même positif. Depuis, cette prévision a été affinée au niveau régional, grâce aux progrès de la communauté des climatologues et aux scénarios climatiques les plus récents du GIEC (4). Les résultats sont encore moins optimistes et prédisent des impacts négatifs pour les forêts de feuillus et de conifères quel que soit le site en France (5). Néanmoins, les arbres à feuilles caduques résisteraient mieux car ils préservent mieux les réserves d'eau du sol, notamment en hiver. En effet, la perte de leurs feuilles a deux conséquences : d'une part, il n'y a plus d'évapotranspiration, donc moins d'eau pompée dans la terre, d'autre part, l'eau de pluie n'est pas arrêtée et nourrit les réserves du sol. Les contraintes principales sont en effet les sécheresses du sol et de l'air. Au final, une sylviculture économe en eau et ajustée en fonction des réservoirs aquifères des sols serait la voie d'adaptation à privilégier.


© Fritz Geller-Grimm

Le visage de la forêt en 2100

Les chercheurs ont aussi tenté d'estimer les aires de répartition potentielles des espèces en 2100 (6). A partir de la situation actuelle, ils ont établi des modèles de probabilité de présence des essences forestières en fonction de certains paramètres climatiques (rayonnement, précipitation, température, évapotranspiration, jours de gels…). En injectant dans ces modèles les prévisions climatiques pour le siècle prochain, ils ont obtenu une visualisation de la future répartition des essences. Deux cas sont emblématiques. Le chêne vert, essence méditerranéenne, connaîtrait une grande expansion et pourrait même remonter jusqu'à la Loire. A l'opposé, le hêtre, qui est actuellement présent sur presque tout le territoire, pourrait fortement régresser en raison de sa sensibilité au manque d'eau. Plus généralement, les chercheurs ont classé les espèces par grands groupes biogéographiques et ont constaté la progression des groupes méditerranéens et du sud-ouest, accompagnée d'une régression des groupes montagnards. Là aussi, si les tendances sont cohérentes entre toutes les modélisations d'impacts évaluées, les modèles climatiques introduisent des incertitudes sur les limites géographiques. En outre, d'autres paramètres restent à étudier pour obtenir une vision plus précise du visage de la forêt en 2100. Quelle sera la capacité des espèces à se déplacer et coloniser de nouvelles niches face à des changements si rapides, quand on sait que les chênes ont mis près de 2 000 ans à traverser la France à l'ère post-glaciaire ? Va-t-on assister à des vagues de dépérissement pour les espèces qui ne peuvent plus survivre dans leur niche actuelle ou bien une mortalité plus diffuse touchera-t-elle les arbres les moins bien adaptés ?

Sécheresse et canicule

Cette année encore la France manque d'eau, mais le cas des forêts reste peu médiatisé. Or, les forêts sont encore sous le choc des sécheresses de 2003 et 2006, comme l'attestent certains symptômes réversibles (perte de croissance, dégradation de l'état de santé, vulnérabilité accrue aux bio-agresseurs...) mais aussi des taux de mortalité anormaux. Il devient donc urgent de comprendre la vulnérabilité des forêts au manque d'eau. Le programme ANR (7) Dryade coordonné entre 2007 et 2010 par Nathalie Bréda (8) a permis d'apporter de nombreuses réponses débouchant sur un guide de gestion des forêts en crise (9). Un résultat majeur a démontré que c'est la récurrence des sécheresses, plus que leur intensité, qui semble avoir provoqué le plus de dégâts. Les chercheurs ont aussi constaté que pour un peuplement, l'adéquation du sol à l'enracinement et sa capacité à stocker l'eau sont primordiaux, tout comme les effets d'une sylviculture peu dynamique (forte densité, éclaircie tardive et faible). Au niveau de l'arbre lui-même, les facteurs décisifs sont l'espèce, le lieu d'origine, mais aussi une forte croissance au jeune âge ou juste avant l'aléa. Ainsi, les arbres les plus performants en termes de croissance seraient les plus fragiles en cas de sécheresse. Ce qui obligerait à revoir les critères de sélections sylvicoles basés aujourd'hui sur des objectifs de productivité, avec de nouveaux compromis entre la performance de croissance et la résistance aux contraintes. Quid de la canicule ? « *Si les températures extrêmes de l'été 2003 ont aggravé les effets de la sécheresse, elles ont surtout été le révélateur de l'état de stress hydrique des forêts aux yeux du grand public* » explique Nathalie Bréda. « *Le déficit en eau des sols en 2003 a commencé dès les mois de mai-juin, entraînant une régulation de l'évapotranspiration par fermeture des stomates. Quand la canicule est intervenue au mois d'août, les stomates de certaines espèces étaient quasi-fermés. Résultat : sans possibilité de refroidissement pour affronter de telles températures, les tissus foliaires ont brûlé et pris des couleurs anormales* ». Contrairement à leur habitude, les forêts ne souffraient plus en silence…

(1) Hauteur, diamètre, volume et âge des arbres.
(2) Cirad, CNRS, ONF, Andra, GIP Ecofor.
(3) Projet Carbofor, coordonné par Denis Loustau, directeur de l'unité Ephyse du centre Inra de Bordeaux.
(4) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
(5) Projet ANR Climator (2007-2010) coordonné par Nadine Brisson, directrice de recherche au sein de l'unité Agroclim, centre Inra d'Avignon.
(6) Projet Climator et projet ANR « Quantification des effets des changements globaux sur la diversité végétale ».
(7) Agence nationale de la recherche.
(8) Directrice de recherche au sein de l'unité Ecologie et écophysiologie forestière du centre Inra de Nancy.
(9) Guide de gestion des forêts en crise sanitaire, 2011, Xavier Gauquelin, coord., ONF / IDF.


© Clarita

2 Comprendre pour faire face

Afin d'offrir des solutions pour adapter les forêts au changement climatique, les scientifiques de l'Inra doivent comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes complexes. Depuis le rôle de la diversité génétique jusqu'aux mouvements du vent lors d'une tempête, leurs recherches se font sur tous les fronts et à de nombreuses échelles. En voici quelques exemples.

Nous avons tous fait de la dendrochronologie en comptant les cernes d'un arbre coupé pour connaître son âge. Les chercheurs se livrent au même exercice en prélevant des petites carottes de bois dans le tronc, mais ils en retirent quelques informations supplémentaires… En mesurant très précisément la largeur des cernes, ils peuvent évaluer la productivité des forêts année après année. Grâce, entre autres, aux chercheurs de Nancy, cette approche a fourni un des résultats les plus importants en recherche forestière de ces dernières années : les forêts poussent de plus en plus rapidement depuis environ un siècle et notamment en Europe depuis quelques décennies. Dans quelle mesure le phénomène est-il dû aux effets du changement climatique, à l'augmentation des dépôts atmosphériques d'azote ou aux pratiques sylvicoles ? Pour élucider la question, les chercheurs analysent de plus en plus finement la composition chimique des cernes de bois. Les progrès dans ce domaine permettent non seulement de déterminer l'impact de l'évolution des conditions environnementales mais ils autorisent aussi une plongée au cœur du fonctionnement de l'arbre.

Quand les arbres font la fine bouche

De nombreuses recherches reposent actuellement sur l'étrange propriété qu'ont les plantes de « choisir » le type de carbone qu'elles assimilent. Comme tous les éléments, celui-ci existe sous plusieurs formes plus ou moins répandues : les isotopes. L'atmosphère renferme par exemple environ 99 % de carbone 12 (^{12}C) et 1% de carbone 13 (^{13}C). Or, pendant la photosynthèse le ^{12}C, plus léger, est plus facilement assimilé. Il existe donc une différence de composition entre le carbone présent dans l'atmosphère et celui de la biomasse qui présente un

moindre taux de carbone lourd ^{13}C. Le phénomène devient encore plus intéressant quand on sait que cette discrimination varie en fonction de l'environnement. Ainsi, en période de stress hydrique, les arbres ne se permettent plus de choisir et on retrouve un plus fort taux de carbone lourd dans le bois. En dosant précisément ces isotopes dans la cellulose du bois, les chercheurs obtiennent donc un véritable enregistreur en continu du fonctionnement passé de l'arbre en lien avec son environnement. Ils découpent même les cernes en tranches très fines pour accéder à l'information semaine après semaine pendant une saison de végétation.
D'autres éléments comme l'oxygène ou l'azote sont étudiés de près. La signature isotopique de l'oxygène dans la plante et dans le sol permet, entre autres, de savoir quelle source d'eau elle utilise, pluies récentes, eau des couches profondes du sol ou bien remontée des nappes phréatiques. *In fine*, grâce à ces études, les chercheurs espèrent comprendre le comportement physiologique des essences sous contraintes hydriques ou nutritionnelles. Il s'agit de répondre à des questions essentielles. Comment réagit chaque essence face au manque d'eau par exemple ? Met-elle le carbone en réserve pour mieux résister aux ravageurs et repartir de plus belle la saison suivante ou bien l'utilise-t-elle pour construire des racines qui vont aller puiser plus profond ? Quelles stratégies d'acquisition de l'eau et de l'azote sont les mieux adaptées aux contraintes futures ? De quoi éclairer les choix à faire pour l'avenir.


© Inra / Christophe Maître

SITE DU BRAY. Tour de mesures dans une forêt de pins maritimes, vers Bordeaux, pour l'étude des mécanismes physiques régissant les transferts entre le couvert végétal et l'atmosphère.

La diversité comme moyen d'adaptation et de résistance

Les arbres forestiers renferment une diversité génétique hors norme. Certaines données permettent même d'affirmer qu'elle serait environ trois fois supérieure à celle des êtres humains. Pour des espèces amenées à vivre aussi longtemps, ce trésor constitue la meilleure assurance pour s'adapter aux changements environnementaux. Les scientifiques cherchent à comprendre comment et dans quelle mesure la diversité génétique permettra une adaptation à des évolutions aussi rapides. Là aussi, le but est de fournir des réponses aux sylviculteurs en leur indiquant éventuellement quelles espèces et quelles provenances introduire, mais aussi quelles pratiques permettent à la fois de préserver et d'utiliser au mieux cette diversité. La tâche semble déjà ardue mais elle ne s'arrête pas là. L'arbre ne vit pas isolé mais en étroite interaction avec d'autres organismes vivants comme les insectes ravageurs ou les champignons symbiotiques. Afin de déterminer l'évolution possible d'un écosystème forestier, il faudra déterminer pour chaque espèce quels gènes sont susceptibles de procurer un avantage adaptatif et estimer leur diversité dans les populations actuelles.
Devant ce travail de titan, 25 laboratoires provenant de 15 pays européens se sont mobilisés entre 2006 et 2010, dans le cadre d'un réseau d'excellence baptisé Evoltree. Coordonné par l'Inra de Bordeaux, celui-ci a permis de jeter les bases d'une nouvelle science à la frontière de la génétique, la génomique, de l'écologie et de l'évolution : la génomique des populations. Pour ce faire, sept sites d'études intensives, dont trois en France métropolitaine (1) ont été mis en place afin d'étudier la dynamique de la diversité en fonction des processus locaux et des flux de gènes à longue distance. Les bases de données émanant de ces divers sites seront mises

Forêt en zone de turbulence

Depuis les tempêtes de 1999 et 2009, les chercheurs s'intéressent à la force destructrice du vent pour proposer des solutions d'aménagement qui permettent de limiter les dégâts. Ces derniers présentent un fort effet de seuil. Qu'il s'agisse de la forêt des Landes ou de Lorraine, les vents ne provoquent que peu de dégâts en dessous de 110 km/h mais ils sont catastrophiques au-dessus de 140 km/h. Sans révolutionner le paysage, on peut imaginer que relever ce seuil de quelques km/h aurait déjà un impact économique énorme. D'ores et déjà, des études sur des peuplements homogènes ont mis en lumière l'importance de paramètres comme la hauteur des arbres, leur densité ou la répartition du feuillage. A présent, les chercheurs s'attaquent à un problème encore plus complexe : modéliser les turbulences qui se créent quand le vent s'engouffre dans une parcelle forestière. « *Bien plus que la vitesse moyenne du vent, ce sont ces rafales brutales qui provoquent les pires dommages*, commente Yves Brunet, spécialiste de la mécanique environnementale au sein de l'unité Ephyse. *Longtemps elles ont été considérées comme aléatoires mais maintenant, des modèles complexes nous permettent de les simuler très finement, à l'échelle du mètre* ». Il s'agit notamment d'estimer comment les rafales se forment dans le peuplement et comment les arbres y réagissent. En parallèle, les chercheurs examinent aussi l'écoulement du vent en sortie de lisière. Ces résultats évaluent l'impact des clairières, des éclaircies ou des pare-feux. C'est leur intégration à grande échelle qui permettra de prendre en compte la fragmentation du paysage et de passer de recommandations purement sylvicoles à des notions d'aménagements.

en réseaux à l'intérieur d'un « laboratoire sans mur ». Enfin, les ADN d'arbres provenant de toute l'Europe sont conservés à Vienne dans un centre de ressources génétiques unique au monde.
Si la diversité génétique à l'intérieur d'une espèce est très importante pour l'adaptation, le rôle fonctionnel de la diversité des espèces dans l'écosystème l'est tout autant. Les chercheurs de l'Inra l'ont illustré en étudiant les effets de l'introduction d'îlots de feuillus au milieu d'un peuplement pur de pin maritime. La présence de feuillus permet de faire chuter le niveau d'infestation des pins par leurs pires ennemis : la pyrale du tronc et la processionnaire du pin. Plusieurs phénomènes essentiels entrent en jeu. Tout d'abord, les insectes utilisent souvent un système olfactif pour reconnaître leur arbre préféré. Ce signal peut être brouillé ou masqué par les essences introduites, ce qui réduit le nombre d'arbres-hôtes potentiellement détectés. Ensuite, les feuillus sont de vrais havres de paix pour les prédateurs de la pyrale et de la processionnaire. En leur offrant des proies alternatives, d'autres ressources alimentaires, des abris ou des sites de pontes, ces arbres les rendent encore plus redoutables pour les ravageurs. Ces résultats plaident pour la promotion de la biodiversité des forêts mélangées. Encore faut-il en évaluer la productivité, ce qui appelle d'autres recherches. Il faut par exemple explorer les relations de compétition entre les différents types d'arbres pour l'accès à l'eau, aux minéraux ou à la lumière. De nombreux travaux s'y attachent actuellement. Ils pourraient prendre une autre dimension grâce au Lidar, une technologie de pointe récemment acquise par l'Inra de Nancy (2).



LARVE DE PYRALE DU TRONC. **L'introduction d'îlots de feuillus limite l'infestation des forêts de pins maritimes par ce ravageur.**

La 3D arrive en forêt

Le Lidar est un outil d'analyse de l'espace en trois dimensions, composé d'un système de télédétection qui émet un faisceau laser et enregistre la direction et la distance du point ayant réfléchi la lumière. Balayant automatiquement l'espace dans un rayon de 120 m autour de lui, l'appareil délivre un nuage de points en trois dimensions correspondant aux premiers obstacles rencontrés par le faisceau. Les applications aéroportées de ce type d'outil sont déjà connues pour les mesures à grande échelle des hauteurs de canopées et du relief. Le Lidar terrestre, lui, est fixe, même si son embarquement dans un véhicule terrestre est envisageable.

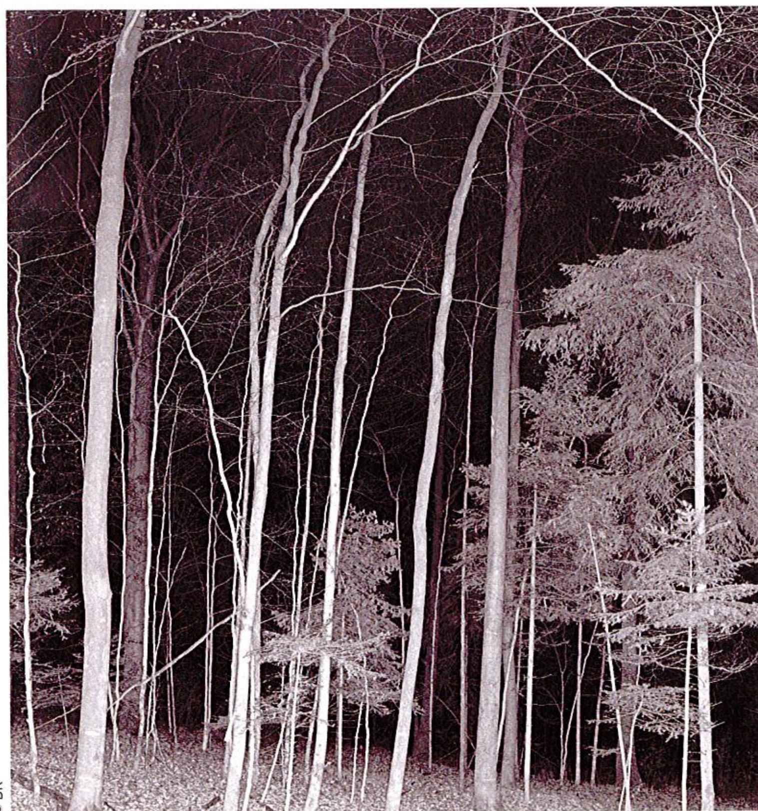


IMAGE DE FORÊT **reconstituée d'après les mesures enregistrées par le Lidar.**



PEUPLIERS HYBRIDES À ORLÉANS. Les scientifiques améliorent leur productivité, leur résistance aux pathogènes et l'efficience d'utilisation de l'eau. Ils adaptent aussi leur période de croissance à différentes situations climatiques.

Son but est de décrire précisément (à un grain de 3 mm) une placette forestière. Auparavant, pour obtenir une information comparable, les chercheurs procédaient point par point avec un appareil semblable à celui des géomètres et abattaient ensuite l'arbre pour finir leurs mesures. Le Lidar permet d'avoir des données beaucoup plus précises en quelques minutes, y compris sur l'enchevêtrement complexe des branches et feuilles du houppier. Néanmoins, un lourd traitement informatique est ensuite nécessaire pour « transformer le nuage de points » en branches, troncs ou feuilles mais aussi pour combler de manière plausible les espaces masqués par la végétation au premier plan. L'automatisation du traitement est donc un enjeu du développement de la technique, et ouvre de nombreux champs de recherche comme la reconnaissance automatique de l'essence à partir de la texture de l'écorce.
Cette méthode performante trouve une application évidente pour l'évaluation de la biomasse et l'inventaire forestier. Les chercheurs de l'Inra s'intéressent en particulier aux contraintes mécaniques liées à la forme de l'arbre et qui influent sur la qualité du bois. De plus, le Lidar étant non destructif, il permet de suivre l'évolution de la placette dans le temps. Comment le couvert se referme-t-il ? Quels arbres prennent le pas sur les autres ? Des questions essentielles pour comprendre et modéliser le fonctionnement des forêts mélangées.

Amélioration génétique et arbres plastiques

Améliorer, dans un contexte de changement climatique, des espèces qui vivent pendant 80 voire 120 ans, n'est pas chose aisée. Gilles Pilate, directeur de l'unité de recherche AGPF (3) précise « *Nous devons fournir des variétés qui répondent à la diversification des usages tout en permettant une gestion durable des forêts. Au-delà de ces aspects, il s'agit aussi de se tenir prêt à affronter les changements à venir* ». Pour les chercheurs, ces nouvelles exigences impliquent de trouver des stratégies d'amélioration innovantes.
C'est le but du programme européen NovelTree, coordonné par Catherine Bastien de l'unité AGPF, qui se focalisera sur le pin sylvestre, le pin maritime, l'épicéa et le peuplier. Les caractères ciblés sont maintenant bien connus : efficacité de l'utilisation de l'eau, qualité du bois, résistances multiples aux pathogènes et une phénologie qui permet une longue période de végétation, évite le gel des bourgeons et les périodes de sécheresse. Le défi réside dorénavant dans la connaissance des gènes impliqués dans chaque caractère et dans la recherche d'une forte plasticité phénotypique. C'est-à-dire la capacité d'un génotype donné à adopter différents comportements en fonction de son environnement, une aptitude importante pour la capacité d'adaptation. Afin de l'évaluer, les espèces améliorées seront placées dans des environnements contrastés. Des études de génétique d'association seront menées en combinant deux approches. D'un côté, des relations statistiques seront établies entre les variations du phénotype et la variation des génotypes des populations naturelles. De l'autre, les chercheurs exploreront quelles parties du génome sont impliquées dans chaque caractère et développeront des marqueurs moléculaires permettant de pister ces régions dans les programmes de sélection. Une approche particulièrement utile pour les espèces forestières dont certains caractères phénotypiques ne sont visibles qu'au bout de plusieurs dizaines d'années.

(1) Situés sur le Mont Ventoux, les Landes et les peupleraies naturelles des bords de Loire.
(2) Laboratoire d'études des ressources forêt-bois de l'Inra, en partenariat avec l'IFN et l'ONF, dans le cadre du programme ANR Emerge dédié à l'estimation de la biomasse.
(3) Amélioration, génétique et physiologie forestières, Inra d'Orléans.



© Inra / René Canta

3 Vers une gestion durable de la forêt

Les recherches de l'Inra donnent un éclairage pour concevoir des forêts à la fois productives et adaptées au changement climatique. Mais aussi pour développer des filières valorisant la biomasse et donc le carbone renouvelable, comme par exemple la production de biocarburant de deuxième génération à partir de bois.

La forêt peut apporter deux grands types de « services » dans la problématique de l'atténuation du changement climatique. D'abord, en stockant du carbone dans le bois, par le processus de la photosynthèse et dans le sol sous forme de matière organique. Ensuite, en fournissant des bioproduits en substitution à d'autres matériaux, ainsi que de l'énergie (chaleur, biocarburant (1)) avec un bilan net d'émissions de GES plus favorable que l'énergie fossile : le bioéthanol issu de la biomasse par exemple permettrait de réduire les émissions de GES (CO_2 surtout) de 60 à 80 % par rapport aux émissions à partir de carburants d'origine fossile. Les objectifs de la Commission européenne en la matière sont ambitieux, avec la règle des « trois vingt » : 20% de diminution du rejet de GES en 2020, avec 20% de la consommation énergétique de l'UE sous forme d'énergies renouvelables (et 10% de biocarburants dans la consommation totale des véhicules). Une forêt durable doit aussi être pensée pour s'adapter aux conditions climatiques qui prévaudront dans le futur, avec une résilience accrue à la sécheresse, voire aux tempêtes.

Ce questionnement trouve une illustration dans le cas du massif forestier des Landes de Gascogne qu'il s'agit de reconstruire de façon durable après les dégâts des deux tempêtes de 1999 et 2009.

La forêt landaise à la croisée des chemins

Occupant près d'un million d'ha en France, la forêt landaise a perdu la moitié de son stock de bois à la suite de deux tempêtes survenues à dix ans d'intervalle, alors que des épisodes aussi extrêmes ne se produisent en moyenne que tous les cent ans. Ces dégâts fragilisent fortement la filière forêt-bois régionale (34 000 emplois directs hors sylviculteurs) confrontée à moyen terme à des problèmes d'approvisionnement. Une urgence donc : reboiser, après avoir nettoyé les arbres tombés à terre, qui ont favorisé une explosion alarmante d'insectes ravageurs comme les scolytes. Avec ses montagnes de bois stockés en attente d'évacuation, visibles depuis l'autoroute Bordeaux-Espagne, le massif landais est devenu le plus gros chantier de nettoyage-reboisement d'Europe. Pour Jean-Michel Carnus (2) « *le sentiment que l'écosystème est fragile est partagé entre les acteurs : propriétaires, forestiers, industriels, usagers, chercheurs. Le contexte est différent de celui des années 40, où la moitié de la forêt avait aussi disparu lors des grands incendies, et où le massif avait été reconstitué pour la production à l'époque de résine et de bois. Cette fois, il s'agit de penser une forêt plus résiliente aux risques climatiques, tout en assurant les besoins en bois de la filière et en tenant compte de la très forte demande en biomasse-énergie. La recherche se mobilise avec tous les acteurs pour explorer des pistes d'avenir* ».

Choisir les bonnes essences

La première question qui se pose est le choix des espèces à replanter. La résistance à la sécheresse sera une qualité déterminante dans le contexte de changement climatique. Des programmes se mettent en place à l'Inra de Bordeaux (3) pour sélectionner ce caractère chez le pin maritime, qui reste à ce jour l'essence de prédilection pour la production de bois dans les Landes.

Les regards se portent néanmoins simultanément sur d'autres espèces de pins, voire sur d'autres conifères. Dans les réseaux expérimentaux, les chercheurs répertorient les essences résistantes à la sécheresse déjà présentes en Aquitaine. Parallèlement, des plantations sont en cours sur plusieurs sites (Dordogne, Landes, Adour-Pyrénées) pour tester l'adaptation d'essences méditerranéennes (cèdre du Liban, croisement entre pins des Landes et pins du Maroc ou de Corse...).

Enfin, des mélanges interspécifiques innovants sont à l'étude. Au domaine expérimental de l'Hermitage, à l'Inra de Pierroton, vers Bordeaux, les chercheurs de l'Inra testent des associations de pins et d'autres espèces (eucalyptus, robiniers, ajoncs ...). Des recherches sur plusieurs années ont également démontré que l'installation de feuillus en îlots et en lisières était bénéfique pour la santé des pins, car la faune abritée par les feuillus protège les pins contre leurs ravageurs (voir ci-avant en partie 2).



PLAQUETTES DE BOIS utilisées pour le chauffage.

© Inra / Pascal Thiebeau

Quelques chiffres

Stock de bois dans le massif landais :
Avant les tempêtes
150 millions de m³
Après la tempête Martin de 1999
120 millions de m³
Après la tempête Klaus de 2009
75 millions de m³

Diversifier la production

En plus de tester les essences, les recherches de l'Inra s'intéressent aux systèmes de culture. La forêt landaise est une forêt à des fins industrielles consacrée à la production de bois, mais quelle production développer ? Jusqu'ici, la production de bois d'œuvre voisinait avec la production de papier, qui utilise les déchets du bois. Le premier secteur (parquets, lambris) tend à perdre du terrain et les papetiers s'orientent vers l'utilisation de biomasse pour produire de la chaleur et de l'électricité dans des centrales de cogénération. De nouveaux systèmes sylvicoles doivent donc être étudiés pour anticiper ces évolutions, en particulier, ceux qui favorisent la production de biomasse, avec des plantations plus denses, sans éclaircies, récoltées au bout de 15-20 ans. Ces itinéraires présentent moins de risques face aux tempêtes que les itinéraires classiques utilisés pour la production de bois d'œuvre dans lesquels les arbres restent sur pied plus longtemps (35-40 ans), avec des éclaircies qui peuvent fragiliser les peuplements. Du point de vue écologique, les chercheurs de l'Inra vont étudier les conséquences de chacun de ces itinéraires ainsi que d'itinéraires intermédiaires, établis en concertation avec des partenaires professionnels (4). Afin de surveiller et préserver la fragile fertilité des sols landais, ils mesureront la teneur en éléments minéraux du sol et des arbres. Ils étudieront également les cycles du carbone et de l'eau dans ces différents systèmes culturaux.

In fine, le choix du type d'exploitation

Une étude prospective sur le territoire des Landes de Gascogne

Une prospective menée conjointement par le Conseil régional d'Aquitaine et l'Inra examine les futurs possibles des Landes de Gascogne et rendra ses conclusions en octobre 2011. « *En réunissant toute la gamme des acteurs (propriétaires, coopératives, collectivités territoriales, industriels, habitants)*, explique Olivier Mora*, *cette prospective considère le massif des Landes de Gascogne non pas seulement du point de vue de la filière-bois, mais comme un territoire avec toutes ses composantes (enjeux démographiques, résidentiels, touristiques, énergétiques, climatiques). L'élaboration de scénarios pour 2050 montre qu'il faut faire des choix clairs qui engagent sur le long terme. L'introduction d'îlots ou de lisières de feuillus par exemple, étudiée depuis longtemps mais jamais mise en œuvre dans les Landes, est symbolique des tensions, mais aussi des complémentarités possibles, entre intensification et biodiversité. Sa mise en place suppose une forte coordination entre les acteurs* ».

* Délégation à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études, Inra Paris.

revient aux propriétaires privés, qui possèdent environ 90% de la forêt landaise, et qui ont à estimer des retours sur investissement sur 50 ans. Des économistes de l'Inra, Stéphane Couture et Marielle Brunette (5) se sont intéressés à cette prise de décision difficile et ont réalisé des simulations où plusieurs propriétaires ont été placés dans différentes situations de choix. « *Les composantes individuelles d'aversion au risque semblent déterminantes*, indique Stéphane Couture. *Très peu de propriétaires sont assurés contre les risques tels que les tempêtes. Une aide de l'Etat contingente à une prise d'assurance serait sans doute plus efficace en ce sens qu'une aide forfaitaire après sinistre* ». Actuellement, environ 1 000 ha (une soixantaine de propriétés) ont été plantés à des fins de culture énergétique, principalement pour la production de plaquettes à destination des chaudières collectives et de l'industrie (6).

Un équilibre se dessine en Aquitaine entre les cultures pour le bois d'œuvre, qui favorisent le stockage de carbone, et les cultures énergétiques qui permettront la substitution de carbone renouvelable au carbone fossile. Les outils fournis par la recherche pour quantifier les stocks de carbone et la capacité de séquestration des forêts sont utilisés pour les politiques régionales. Ainsi, la région Aquitaine met en place un « fonds volontaire pour le carbone », grâce auquel des collectivités ou des opérateurs peuvent compenser leurs émissions de carbone en achetant des crédits carbone, les fonds recueillis pouvant servir à financer la reconstitution forestière.

Essence pas ordinaire

La biomasse forestière représente la moitié des énergies renouvelables en France, loin devant l'hydraulique, les déchets, la géothermie, l'éolien et le solaire. Si les essences du sud (pin, eucalyptus) sont adaptées à la production de chaleur, l'espèce de prédilection pour la production de biocarburant (bioéthanol) est plutôt une essence du nord : le peuplier, qui pousse sur des terrains souvent peu valorisables pour l'agriculture et se caractérise par une croissance rapide.



© Inra / Luc Pâques

ÉCLAIRCIE SYSTÉMATIQUE dans une futaie de mélèzes.

Le peuplier, essence de choix

L'Inra coordonne un projet d'envergure consacré au peuplier à vocation énergétique, Energy Poplar (7). Pour Francis Martin, de l'Inra de Nancy, qui coordonne le projet « *en 2012, nous aurons rempli notre contrat avec l'UE, qui était de fournir à la filière cinq nouveaux cultivars de peupliers présentant la plupart des caractéristiques requises pour une production optimale de bioéthanol, à savoir : une production rapide de biomasse aérienne, un système racinaire abondant et efficace et un ratio cellulose/lignine favorable à la production de bioéthanol. Nous sommes en phase finale de l'évaluation d'une trentaine de cultivars « élites » dont nous mesurons actuellement les taux de transformation de la lignocellulose en glucose, puis en bioéthanol ainsi que leur capacité de croissance et d'enracinement. Nous avons également vérifié que ces cultivars à caractéristiques de croissance améliorées n'avaient*

pas d'effets négatifs sur la diversité microbienne du sol des plantations ». Ces cultivars ont été repérés parmi des milliers de génotypes précédemment obtenus par création variétale au sein du GIS Peuplier (8). Pour effectuer cette sélection, les chercheurs ont identifié plusieurs marqueurs génétiques associés à la croissance des systèmes aériens et racinaires. Ils ont également optimisé de nouveaux outils à haut débit, tels que la spectrométrie infrarouge, afin de mesurer les teneurs en lignocellulose à partir de poudre de bois. Les rendements de transformation de la cellulose du bois en éthanol sont très variables entre les cultivars testés, confirmant tout l'intérêt d'une sélection génétique individuelle.



EXPLOITATION D'UN TAILLIS à très courte rotation de saules de deux ans.

Limiter la concurrence avec les cultures alimentaires

Un des enjeux majeurs de la production de biocarburant est d'éviter la compétition avec les cultures alimentaires. Il est donc crucial de produire un maximum de biomasse sur des territoires réduits ou impropres à l'agriculture.

Dans cet objectif, les chercheurs de l'Inra d'Orléans et de Nancy testent deux méthodes de production : les Taillis à Courte Rotation et les Futaies à Courte Révolution (respectivement TCR et FCR). La première correspond à des arbres capables de faire des rejets après une coupe, tels que le peuplier, le robinier et le saule. Touffus, ces arbres fournissent une biomasse abondante rapidement et peuvent être récoltés après deux à sept ans, alors qu'il faut attendre une vingtaine d'années pour les futaies. Dans ce système de TCR, les chercheurs s'attachent à optimiser l'efficience de l'utilisation de l'eau et des nutriments pour réduire la fertilisation et l'irrigation. Ils expérimentent pour cela l'effet de la densité de plantation, du choix des espèces et de la diversité génétique à l'intérieur d'une espèce, dans un réseau de sites ateliers écologiquement contrastés (Bourgogne, Centre, Bretagne (9)).

Pour optimiser la phase de production d'éthanol, l'Inra est associé au développement d'un pilote à Pomacle-Bazincourt, près de Reims, capable de traiter quotidiennement une à trois tonnes de biomasse pour produire environ 500 litres de bioéthanol. Au pilote succédera un prototype (échelle x 50) avant le passage à l'échelle de l'usine (échelle x 2 500) (10).

Les recherches de l'Inra explorent les nouvelles filières d'exploitation du bois, de l'arbre au produit final, en intégrant les aspects physiologiques, génétiques et écologiques pour chaque système de culture. Le volet économique n'est pas oublié. Le projet Energy Poplar a inclu une évaluation du coût monétaire de la production d'éthanol à partir de cultures de peupliers. Les résultats montrent que cette production est rentable car moins chère que le pétrole au cours actuel. Francis Martin relève cependant deux facteurs qui lui semblent limitants pour une production à grande échelle selon les objectifs de la Commission européenne : l'espace et les capacités d'investissement. Trouver suffisamment d'espace nécessiterait une politique d'aménagement du territoire au niveau européen, certains pays (Bénélux, Royaume-Uni) étant limités sur ce point. Quant à l'attraction des investisseurs, elle dépendra du « coût de l'argent », c'est-à-dire des taux d'intérêt des banques centrales. Le laboratoire d'économie forestière de l'Inra de Nancy, qui a établi le premier modèle du secteur forêt-bois français, donne d'autres éléments de réflexion. D'abord, le coût économique d'une augmentation massive et rapide de la production de biomasse énergie d'origine forestière apparaît élevé. Ensuite, en termes de bilan GES, et sur la période 2010-2020, il est plus efficace de stocker du bois *in situ* que de produire du bois énergie, mais ce résultat devrait s'inverser sur des pas de temps plus longs, du fait que le stockage de bois est limité à terme, alors que les émissions de GES évitées à travers la valorisation énergétique de la biomasse sont cumulables d'année en année.

Dossier rédigé par **Géraud Chabriat** et **Pascale Mollier**
Responsable scientifique : **Jean-Marc Guehl** chef du département Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques (Inra, Nancy)

(1) Après avoir éliminé la lignine, on produit de l'éthanol à partir de la cellulose du bois, sous l'action de champignons et de levures.

(2) Inra de Bordeaux. Coordinateur de Xyloforest, projet sélectionné en 2011 dans le cadre des « Investissements d'avenir », qui permettra l'acquisition d'équipements pour favoriser l'innovation depuis l'adaptation des forêts cultivées au changement climatique, jusqu'à l'ingénierie du bois et la production de biomasse.

(3) Xylomic, un des plateaux techniques de Xyloforest.

(4) Plateforme Ecosylve de Xyloforest sur 40 ha au domaine de l'Hermitage.

(5) Respectivement unité de recherche biométrie et intelligence artificielle de l'Inra de Toulouse et laboratoire d'économie forestière de l'Inra de Nancy.

(6) Dans le cadre du projet Climaq, avec le soutien de la Coopérative agricole et forestière sud-atlantique.

(7) Energy poplar, projet européen (2008-2012), partenaires : Suède, Allemagne, Belgique, Royaume-Uni, Italie. Objectif : obtenir des peupliers optimisés pour la production de bioéthanol.

(8) Le GIS Peuplier associe les compétences de l'Inra, du FCBA et du Cemagref pour conduire en France les travaux de R&D en matière de génétique, sélection et protection phytosanitaire du peuplier.

(9) Projets ANR Sylvabiom (2009-2012) et Intens&Fix (2011-2014).

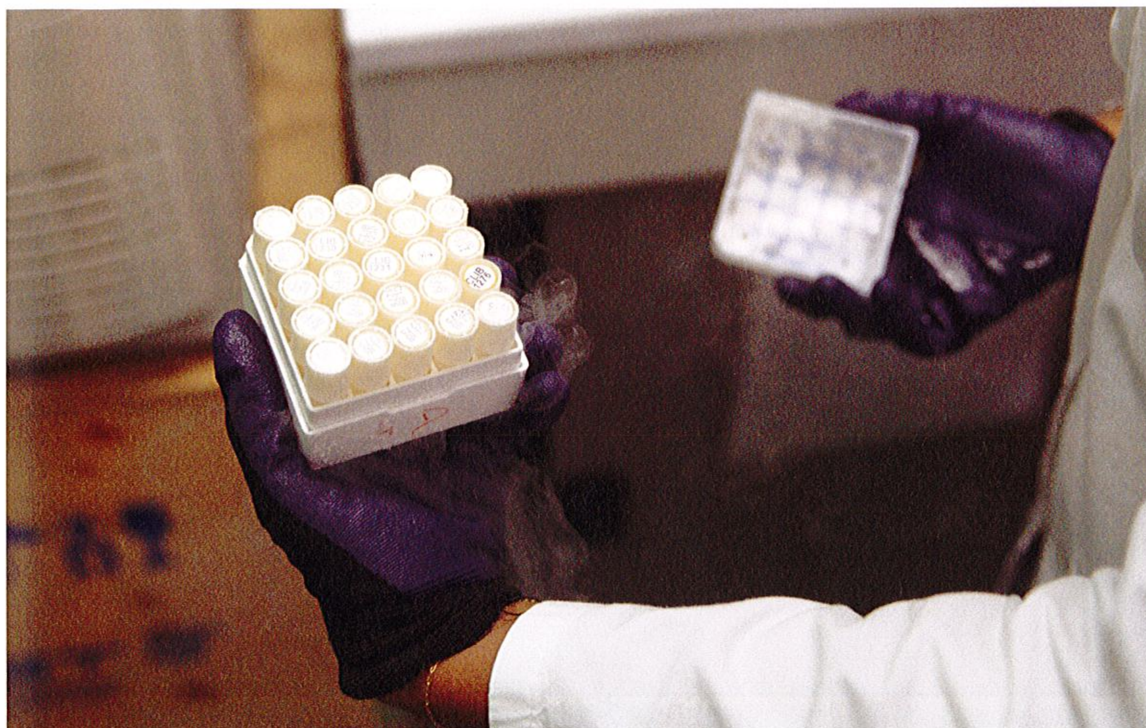
(10) Projet Futurol, 11 actionnaires financiers et de recherche-développement, 50 équivalents temps plein, plus de 60 actions de recherche dont 30 thèses, onze unités Inra impliquées.

+d'infos

web :
www.inra.fr/la_science_et_vous/le_point_sur/les_forets

une collection ↘ À GRIGNON

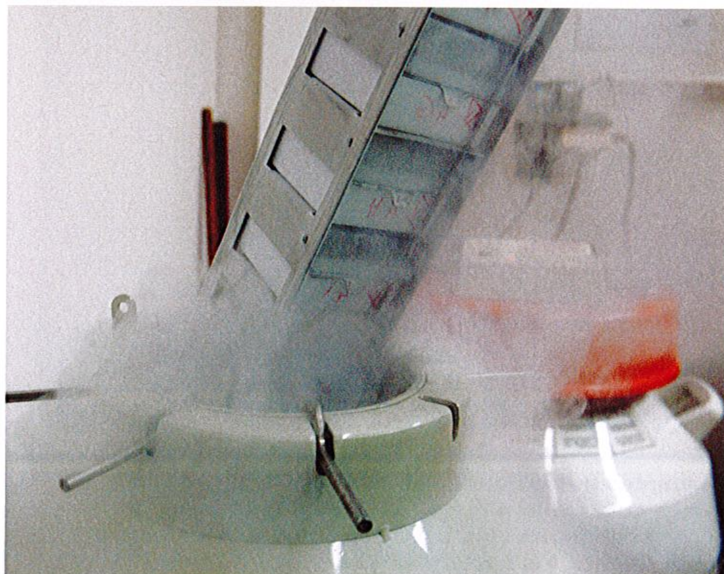
La biodiversité des microbes utiles



Le CIRM (1), Centre international de ressources microbiennes de l'Inra, mise sur la haute qualité de ses collections et des recherches qu'il mène. Créé en 2004, le Centre s'appuie sur des collections déjà constituées par les chercheurs : les bactéries d'intérêt alimentaire à Rennes, les bactéries phytopathogènes à Angers, les bactéries pathogènes à Tours, les champignons filamenteux à Marseille ainsi que les levures à Grignon, où Inra magazine a fait une incursion.

Dans le bâtiment du Centre des biotechnologies agro-industrielles, le visiteur est arrêté par un sas vitré, barré du logo du Bureau Veritas, l'organisme qui a délivré au CIRM en 2008 les certifications de qualité nécessaires à son statut de centre de ressources biologiques (2). Là, en accès restreint à une poignée de personnes, les locaux du CIRM-Levures n'occupent que quelques mètres carrés. Assez pour conserver une collection cryo-congelée de 1 500 souches en culture, soit des millions et des millions de levures, ainsi qu'une copie lyophilisée. La levure est utilisée depuis des millénaires pour ses capacités de fermentation (3) même si ce n'est qu'au XIXe siècle qu'elle a été décrite comme champignon (4) unicellulaire. La collection de Grignon regroupe surtout des levures d'intérêt biotechnologique, utilisées par l'industrie agro-alimentaire (en œnologie, boulangerie, brasserie, cidrerie, fromagerie, etc.), pour la production de métabolites, de biocarburants ou encore pour l'ingénierie des sciences du vivant. «*Nous conservons à la fois ces levures qui ont été sélectionnées et les levures que l'on trouve en milieu naturel, pour établir des comparaisons. Le CIRM s'intéresse à toutes les biodiversités* » explique Serge Casaregola, directeur du CIRM-Levures, et coordinateur du CIRM à l'échelle nationale, lequel fait partie du programme Biobanques (5) des Investissements d'avenir. Biobanques réunit en tout sept Centres de ressources biologiques microbiens et 64 biobanques (dédiées aux tissus humains) pour constituer un réseau national intégré. Ce programme préfigure la partie française d'une future infrastructure européenne, déjà inscrite sur la feuille de route de l'Europe de la recherche. Le CIRM se positionne déjà au plan international grâce à EMbaRC, projet de standardisation des méthodes et bases de données entre sept pays, que coordonne Sylvie Lortal du CIRM-Bactéries d'intérêt alimentaire (Inra de Rennes).



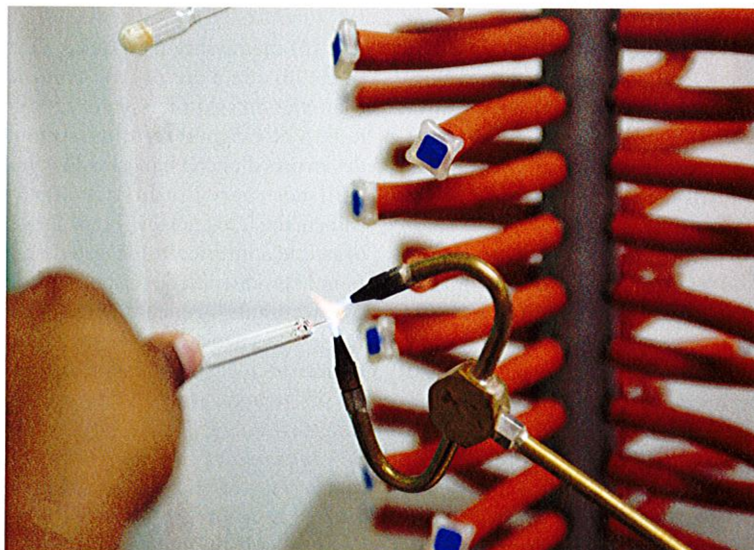


La cryoconservation, pour le suivi courant de la collection

A moins 180°C dans l'une des quatre cuves d'azote liquide, les levures se conservent indéfiniment. *Debaryomyces hansenii*, une levure habituellement présente dans le fromage, a ainsi été mise en culture après être restée plusieurs siècles prisonnière d'un glacier de l'Arctique. Au CIRM, six tubes sont préparés pour la cryoconservation d'une souche. Chacun est doté d'une pastille de couleur : en rouge le tube qui n'est jamais ouvert ; en bleu les deux tubes de la « collection de ressource » (quand l'un d'eux est ouvert, il faut refaire une culture) ; en jaune les deux tubes de la « collection de travail » dans laquelle une centaine de prélèvements sont faits chaque année pour répondre aux commandes (les souches sont envoyées dans un milieu de culture en boîte de Pétri). Enfin, un tube sans pastille sert à vérifier la viabilité de la souche un mois plus tard. Si un problème de contamination survient, l'équipe a recours à la collection lyophilisée.

La lyophilisation, une sécurité supplémentaire

« *Les levures prennent une belle coloration blanche* » décrit Christelle Louis-Mondésir, adjointe à la gestionnaire de la collection, fière de sa lyophilisation. Pour chaque souche à conserver, les cultures sont préparées dans un liquide protecteur, réparties dans douze ampoules de verre et refroidies jusqu'à atteindre l'état solide. Les ampoules sont alors placées dans le lyophilisateur qui fait le vide tout en asséchant la colonie, lui permettant d'être conservée de très nombreuses années. Le processus prend deux heures. Les ampoules scellées sont ensuite conservées à température constante de 4°C. Cinq restent sur place, six rejoignent le stock de sécurité dans les locaux d'AgroParisTech à Paris et la dernière ampoule sert de test.





La preuve par la génomique

Le CIRM garantit la fiabilité de ses données moléculaires, taxonomiques, physiologiques et phénotypiques. L'identification et la description d'une souche peuvent prendre plusieurs semaines avant la mise en collection. Cela passe par la caractérisation moléculaire (séquençage de régions clés de l'ADN) et par la caractérisation phénotypique (tests de fermentation, tests de croissance à différentes températures, entre 30 et 40 °C, sporulation, etc.) L'électrophorèse est ici utilisée pour vérifier qu'une extraction d'ADN a fonctionné. « *Grâce à la génomique*, indique Serge Casaregola, *notre travail de taxonomie repose sur des bases fiables. Cependant, nos savoirs restent incomplets : presque toutes les levures du fromage ont été identifiées mais nous ne savons pas quelles sont leurs contributions précises au goût et à la texture lors de l'affinage, ni comment elles interagissent entre elles et avec les autres flores, bactériennes et fongiques, dans l'écosystème fromage* ».

Les collections comme supports de recherches

Un équipement comme ce micromanipulateur permet à Noémie Jacques, responsable qualité du CIRM-Levures et gestionnaire de la collection, d'isoler les spores de deux levures d'intérêt et de créer une nouvelle souche hybride pour répondre à un contrat de recherche industriel. Elle vérifie ensuite la stabilité du génome à long terme.
Les levures sont aussi de bons modèles pour la recherche fondamentale. Le CIRM-Levures a notamment participé, en collaboration avec l'équipe de Sylvie Dequin (Inra Montpellier), à la mise en évidence des mécanismes d'évolution par transfert horizontal de gènes entre espèces, fréquents chez les bactéries mais rares chez les levures. Les scientifiques ont montré que la souche de *Saccharomyces cerevisiae* (boîte de Pétri de droite) la plus utilisée pour la vinification avait emprunté 34 gènes à des espèces très éloignées pour s'adapter à un environnement très acide, très alcoolisé, très sucré.





Magali Sarazin,
Reportage photos : Christophe Maître

(1) Géré par l'Inra, le CIRM est un groupement d'intérêt scientifique, c'est-à-dire un contrat de coopération scientifique entre plusieurs partenaires : AgroParisTech, Universités de Provence et de la Méditerranée, Agrocampus Ouest et l'Université d'Angers.

(2) Lignes directrices de l'OCDE concernant les centres de ressources biologiques : www.ocde.org

(3) Réaction biochimique qui conduit à la formation d'éthanol et de CO_2 à partir de sucres.

(4) Organismes biologiques sans chlorophylle.

(5) Projet d'infrastructure distribuée avec gouvernance, coordination des services et accès unique national qui recevra un financement de 17 millions d'euros sur 10 ans.

+d'infos
contact : Serge.Casaregola@grignon.inra.fr
web : http://url.inra.fr/k9kRel

une UMT À RENNES

Nouvelle dynamique pour un élevage laitier durable


© Inra / Jean-Luc Delaby

De nouvelles modalités de partenariat entre l'Inra et les professionnels agricoles ont vu le jour il y a cinq ans, avec la naissance d'unités et de réseaux mixtes technologiques organisés par thématique. Visite à l'unité mixte technologique « Recherche et Ingéniérie en Elevage Laitier » (UMT RIEL) au moment où son directeur, Jean-Louis Peyraud, en présente le bilan et propose son renouvellement.

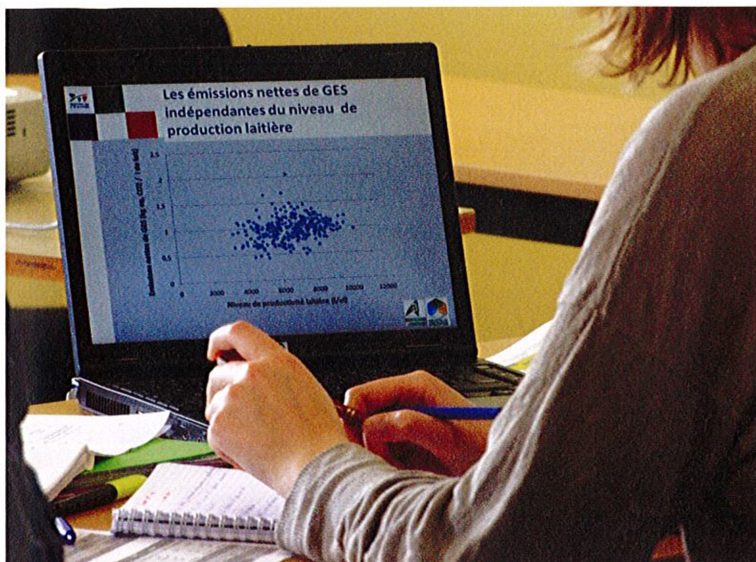
L'UMT RIEL permet de mieux organiser l'interface entre la recherche, le développement et l'enseignement pour répondre à des questions qui ne sont simples qu'en apparence : l'élevage et l'environnement sont-ils conciliables ? Y a-t-il un modèle unique pour l'élevage laitier français ou européen ? D'où proviennent les variations de la qualité du lait à la ferme ? Les partenaires construisent leurs échanges autour d'objectifs communs et réalistes, aussi bien pour prolonger la recherche que pour transmettre des résultats.

Des bénéfices réciproques

Le partenaire technique principal de l'élevage laitier en France est l'Institut de l'Elevage (IE). Il met à la disposition des professionnels, depuis longtemps, des connaissances synthétisées. L'UMT RIEL est une entité qui rassemble des équipes de l'Inra et l'IE autour de l'élevage laitier. Poursuivant le chemin déjà parcouru et pour engager une nouvelle dynamique, l'UMT a fédéré une dizaine de chercheurs et d'ingénieurs, et trois doctorants.

L'Inra apporte au collectif une structuration des expérimentations et la rigueur de sa démarche scientifique. Il aide à formaliser les connaissances par la modélisation et permet l'accès aux bases de données de la littérature


© Inra / Christophe Maître



LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE d'une exploitation sont peu dépendantes du niveau de production de lait des vaches.

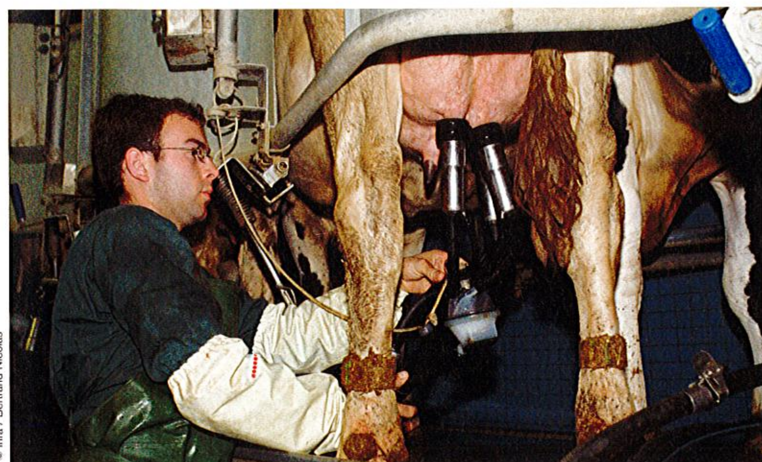
scientifique. Les acteurs du développement, de leur côté, apportent leur expertise des pratiques du terrain, ainsi que les réseaux techniques qui permettent de mettre à l'épreuve les modèles de la recherche. Jean-Louis Peyraud dit d'eux : « *Lors de nos échanges, ils recadrent nos interventions parfois un peu trop théoriques... ils apportent la vraie connaissance du terrain* ». Enfin, rassembler des forces au sein d'une dynamique nouvelle rationalise les moyens et facilite la circulation des savoirs. Ce qui est très efficace lorsqu'il faut mobiliser des dispositifs lourds sur une longue durée, comme par exemple pour suivre les lactations d'un troupeau.

Une richesse de résultats

Trois groupes ont exploré chacun une thématique particulière : l'élevage laitier et l'environnement, la conduite et la modélisation des lactations, la qualité du lait. Les participants de chaque axe de travail se sont réunis deux à trois fois par an pour s'organiser et mettre en commun leurs questions et leurs actualités. Ils ont interrogé également des spécialistes hors UMT. Une grande diversité de résultats en est ressortie : la création ou la validation de modèles et d'outils, la participation à des projets européens, nationaux ou régionaux, des publications scientifiques, techniques, et des synthèses de connaissances directement utilisables. L'ensemble est à la disposition de la recherche, de l'enseignement et des professionnels.

Modéliser pour comprendre

Analyser et modéliser des systèmes complexes permet d'accéder à une meilleure compréhension du fonctionnement des élevages, vus dans leur pluralité et leur diversité. Sur ce thème, l'UMT RIEL a développé et perfectionné le modèle Mélodie, « modélisation des risques à l'échelle de l'exploitation », dont l'élaboration a débuté en 2006, en y intégrant peu à peu les flux d'azote, de phosphore, l'émission des gaz à effet de serre ou plus récemment la consommation d'énergie. Validé par la multiplication des mises en situation, il sert à mieux évaluer la performance environnementale des exploitations d'élevage laitier et les adaptations qu'on peut y apporter.



3 QUESTIONS À

Jean-Louis Peyraud

DIRECTEUR DE L'UMT RIEL



Vous dirigez depuis cinq ans cette unité. Quelles ont-été vos difficultés dans ce partenariat d'un nouveau type ?

Jean-Louis Peyraud : J'ai envie de dire qu'il n'y en pas eu beaucoup ! Nous étions déjà proches de l'Institut de l'Elevage, et cette ouverture nous a permis d'aller plus vite pour construire ensemble de nouveaux projets, échanger plus facilement nos idées et mettre en synergie nos compétences.

Quel succès pensez-vous avoir remporté collectivement ?

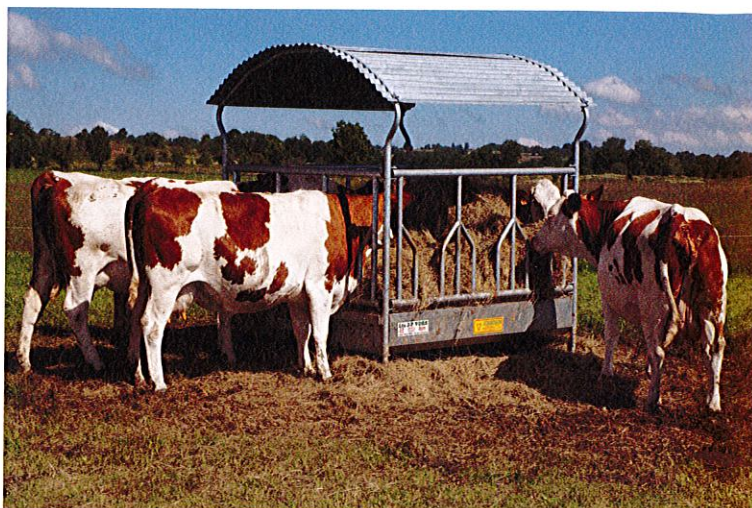
J.-L. P. : Nous avons mené à bien au moins une dizaine de projets dans nos trois axes de travail « environnement », « qualité du lait », « conduite des lactations ». Par exemple, nous avons organisé le réseau des fermes expérimentales laitières françaises. Il y en a sept de proximité, incluant les quatre domaines de l'Inra - le Pin au Haras en Normandie, Mirecourt dans les Vosges, Marcenat dans le Cantal et Lusignan en Poitou - et les quatre fermes sur lesquelles expérimente l'Institut de l'Elevage. Dans un deuxième cercle, grâce aux réseaux de l'IE, nous accédons aux données de près de 400 exploitations, ce qui représente un panel étendu de pratiques d'élevage dans des territoires différents. C'est essentiel pour acquérir des connaissances établies et transférables. Je pense que nous sommes aujourd'hui reconnus comme le pôle de compétences en matière d'élevage laitier durable.

Quelles perspectives s'ouvrent avec le redémarrage de l'UMT pour cinq ans ?

J.-L. P. : Nous espérons, avec la dynamique créée, aborder de nouveaux thèmes comme la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre ou l'économie d'eau en élevage. Les nouvelles technologies d'acquisition d'informations se développent très vite et nous allons étudier comment elles peuvent être valorisées au profit de l'efficacité globale du fonctionnement de l'élevage. Nous souhaitons entraîner quelques fermes de lycées agricoles qui peuvent être des sites de démonstration de nouvelles pratiques. Les outils d'analyse systémique et les modèles que nous mettons au point servent l'enseignement, ils aident à faire comprendre que tout se tient.

Valoriser la diversité des pratiques

Il y a en France une multitude de formes d'élevages liées à la diversité des territoires, au choix du mode de production de l'éleveur, à l'évolution génétique des animaux, à la disponibilité en herbages ou en aliments récoltés... L'un des axes de travail de l'UMT s'est organisé autour de la conduite des troupeaux pour comprendre et améliorer l'efficacité de l'élevage. Explorer les types d'élevage, chercher à en optimiser certains paramètres, comparer leurs performances en fonction des décisions de l'éleveur... autant d'allers et retours permanents entre la modélisation et le terrain qui permettent d'approcher la diversité des pratiques. Ainsi, un essai de long terme a été mis en place au domaine du Pin dans l'Orne pour étudier les interrelations entre le type génétique des vaches et leur alimentation, en prenant en compte l'ensemble des performances des animaux, à savoir la production laitière, les capacités de reproduction et la durée de vie des vaches. Parmi les acquis, la modélisation intègre de plus en plus les animaux non productifs mais présents sur la ferme pour renouveler le troupeau.


© Inra / Florent Giffard

Des partenariats renouvelés

Les unités et les réseaux mixtes technologiques (UMT et RMT) constituent deux nouvelles formes partenariales créées par la loi d'orientation agricole de 2006. Elles forment des pôles opérationnels de recherche et développement ou d'expertise regroupant des acteurs de la recherche, du développement et de la formation. A cette occasion, l'Inra a structuré des liens existants ou nouveaux avec les instituts techniques affiliés à l'ACTA ou à l'ACTIA*, avec des chambres d'agriculture, ou encore avec des coopératives. Vingt-deux UMT et vingt-trois RMT fonctionnent aujourd'hui, concernant soixante-deux unités de l'Inra. Chaque entité porte sur une thématique précise, agricole ou alimentaire, impliquant l'élaboration ou la transmission de connaissances synthétisées. Certaines arrivent à échéance en 2011 : c'est le cas de l'UMT Recherche et Ingénierie en Elevage Laitier présentée ici.

* Association de coordination des instituts techniques agricoles et Association de coordination des centres techniques agro-alimentaires.

Liste des UMT-RMT :
www.inra.fr/les_partenariats/collaborations_et_partenaires/monde_agricole_et_rural/dispositifs

Anticiper la composition du lait

En ce qui concerne la composition des laits, et plus particulièrement le rapport matières grasses/matières protéiques et l'équilibre entre les différents acides gras, un travail de synthèse technique a été réalisé à destination des ingénieurs de développement et des laiteries. Il agrège plusieurs publications de l'Inra et de l'IE sur les variations de composition du lait en fonction de la qualité des fourrages, des aliments concentrés ou du stade de la lactation. Pour la recherche, il s'agit d'intégrer au mieux toutes les connaissances pour établir des modèles prédictifs de la composition du lait. Un premier modèle a été proposé, il sera amélioré à l'avenir pour aider à mieux piloter la composition du lait à la production.

Deux productions de l'UMT sont aussi à souligner :

- L'édition en 2010 du « Guide pratique sur l'alimentation des bovins laitiers» qui synthétise, pour les professionnels, les connaissances et l'expertise acquise par l'UMT dans ce domaine.
- Le bilan d'un essai de long terme, comparant le revenu dégagé dans deux systèmes d'élevage : l'un, très intensif, utilisant la race Holstein et libérant des surfaces pour cultiver des céréales ; l'autre, basé sur la valorisation maximale de l'herbe par des vaches de race Normande. Il en ressort des équilibres économiques comparables, mais dépendants des variations du prix des céréales.

La structuration des collaborations a été soutenue par l'interprofession laitière, le CNIEL qui y trouve aujourd'hui un pôle technique de référence et des ressources documentées. L'enseignement pourra utiliser les outils d'analyse et la modélisation générés, et faire comprendre par exemple comment on risque de dégrader un système en optimisant seulement un paramètre. Cette dynamique nouvelle confortera l'élevage laitier pour relever les multiples défis auxquels il est confronté. ●

Brigitte Cauvin



© Inra / Héloïse Bertrand

RÉUNION DE L'AXE « Environnement » à Rennes le 4 mai 2011.

+d'infos

contact : jean-louis.peyraud@rennes.inra.fr

web : www.inra.fr/les_partenariats/collaborations_et_partenaires/monde_agricole_et_rural/dispositifs/umt/umt_riel

La santé des animaux
dans les unités expérimentales



Depuis 2008, l'Inra met en place une charte pour maîtriser de manière exemplaire l'état sanitaire des animaux élevés dans ses unités expérimentales à des fins de recherche.

Bovins, ovins, caprins, équins, porcins, volailles, lapins, poissons, les unités expérimentales (UE) (1) de l'Inra hébergent un cheptel d'animaux de rente conséquent pour réaliser les expérimentations des programmes scientifiques, qui vont de l'étude des grandes fonctions physiologiques à la génétique ou à la conception de nouveaux systèmes d'élevage. Les animaux expérimentaux doivent avoir des caractéristiques proches des animaux commerciaux pour que les résultats des recherches soient transposables. Pour autant, la conduite des troupeaux expérimentaux diffère de celle des élevages privés car les échanges d'animaux y sont plus nombreux, de même que les contacts homme/animal. D'autre part, le statut sanitaire des animaux doit être précisément contrôlé pour assurer, non seulement la sécurité des cheptels et des personnels, mais aussi la fiabilité des résultats de recherche.
Ces considérations ont fondé l'établissement d'une charte sanitaire à l'Inra visant à maîtriser l'état sanitaire des animaux *via* un cadre de références harmonisé dans toutes les unités expérimentales.

Des principes et des outils

Les directeurs des 34 UE et les chefs des six départements concernés (2) s'engagent à appliquer un corpus de principes et de règles commun. Ces principes consistent, par exemple, à identifier les risques sanitaires majeurs, à établir un schéma d'introduction des animaux (lieu de quarantaine, prophylaxie), un schéma d'élimination des déchets infectieux (prélèvements, cadavres), etc.
Certains outils existent déjà, comme des cahiers sanitaires d'élevage, ou des fiches techniques utilisées dans certaines UE. Ces outils seront revisités dans le cadre de la charte et d'autres seront créés. Le guide technique de « gestion de la pharmacie vétérinaire dans les cheptels expérimentaux », élaboré en 2010, est le premier exemple de ces nouveaux outils. En outre, un bulletin mensuel diffusé aux participants à la charte assure l'indispensable veille réglementaire.

Un collectif organisé

L'établissement et l'application de la charte reposent avant tout sur des hommes. Un comité de pilotage, incluant des cliniciens et des représentants des départements scientifiques, définit les orientations de la charte et les actions prioritaires. D'autre part, un ou plusieurs correspondants sanitaires sont désignés dans chaque UE pour accompagner l'application de la charte.
Enfin, des groupes de travail déclinent les principes de la charte pour chaque espèce. Pour Xavier Berthelot, membre du comité de pilotage et animateur du groupe sur les petits ruminants, « *en plus des maladies réglementées (tremblante, FCO...) ou de celles qui ont un impact sur la santé publique (fièvre Q, toxoplasmose...), il faut être capable de surveiller des maladies (border disease, paratuberculose par exemple) qui peuvent porter atteinte au fonctionnement des UE et aux expérimentations. C'est un travail de longue haleine pour lequel il faut prendre le temps d'identifier les priorités et les charges de travail correspondantes* ». ●

Pascale Mollier

(1) Unités expérimentales *stricto sensu* + installations expérimentales qui dépendent des unités de recherche.
(2) Départements de recherche concernés : Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques/Génétique animale/Génétique et amélioration des plantes/Physiologie animale et systèmes d'élevage/Santé animale/Sciences pour l'action et le développement.

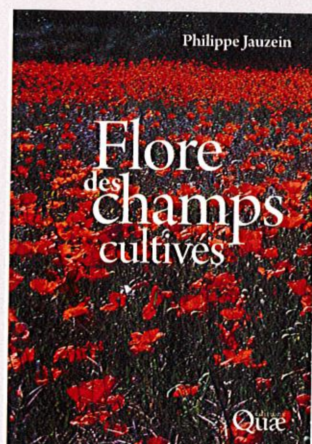
contacts :
Melanie.Martignon@tours.inra.fr,
coordinatrice du projet

en bref

Toréer sans la mort ?
Jocelyne Porcher, Carlos Pereira coord.
Pour ou contre la corrida ? Partisans et détracteurs s'opposent depuis longtemps, et, contre toute attente, la Catalogne en a interdit la pratique en 2010. S'éloignant de cette dichotomie, les auteurs envisagent la tauromachie sous l'angle du travail avec l'animal. Qu'apporte la mort de l'animal à l'art tauromachique et peut-on toréer sans la mort ?
Éditions Quæ, mai 2011, 328 p., 39 € (27,30 € en pdf)

Expérimentation animale, entre droit et liberté
Jean-Pierre Marguénaud
La liberté des chercheurs expérimentant sur les animaux est encadrée par une législation qui évolue. La directive européenne du 22 septembre 2010 sur la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques marque une nouvelle étape du droit animal. Le livre restitue une conférence de J.-P. Marguénaud tenue à l'Inra, suivie de réponses aux interrogations d'expérimentateurs.
Éditions Quæ, collection Inra-Sciences en questions, mai 2011, 80 p., 8,50 €, (5,95 € en pdf)

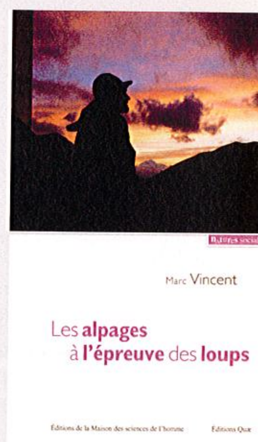
La photosynthèse
Processus physiques, moléculaires et physiologiques
Jack Farineau, Jean-François Morot-Gaudry
Cet ouvrage présente la photosynthèse, phénomène complexe qui implique des mécanismes à la fois physiques et biochimiques. Pédagogique et illustré, il est destiné aux étudiants et aux enseignants en biologie, en pharmacie, ou en agronomie. C'est une réédition revue et corrigée.
Éditions Quæ, collection Synthèses, janvier 2011, 412 p., 49 € (34,30 € en pdf)



FLORE DES CHAMPS CULTIVÉS
Philippe Jauzein
EDITIONS QUAE, AVRIL 2011 (réimpression), 898 P., 59 € (41,30 € en pdf)

Avec 92 photos couleur, 2 000 dessins, cette flore française est un outil pour la détermination de plus de 1 200 plantes herbacées présentes dans les champs cultivés. Pratique, complète et moderne, elle s'adresse aussi bien aux scientifiques, en tant qu'ouvrage de référence, qu'aux professionnels soucieux de concevoir le désherbage dans une gestion globale du milieu agricole. Etudiants ou botanistes de terrain apprécieront également la démarche et la présentation pédagogiques de cet ouvrage, fruit du travail d'un spécialiste réputé de la taxonomie et de la nomenclature des plantes.

LES ALPAGES À L'ÉPREUVE DES LOUPS
Marc Vincent
EDITIONS QUAE-MSH, COLLECTION NATURES SOCIALES, MARS 2011, 352 P., 28 € (19,60 € en pdf)

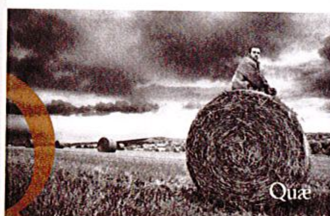


Ce livre met sur la place publique, à partir d'un travail d'enquêtes et d'analyses, les contradictions entre la présence du loup dans les Alpes françaises et la sauvegarde du pastoralisme. Il propose des pistes pour mettre en œuvre une politique de gestion active des loups. La confrontation entre protecteurs du loup et bergers dure depuis presque vingt ans, et les uns comme les autres trouvent difficilement des terrains d'entente. Or, l'élevage ovin transhumant est reconnu pour entretenir l'espace rural, le protégeant des incendies ou des avalanches. Il maintient aussi une activité et un lien social. La technicité du berger est mise quotidiennement à rude épreuve par la succession de contraintes auxquelles il doit faire face pour exercer son métier.

essais

Pour une agriculture mondiale productive et durable

Michel Petit



POUR UNE AGRICULTURE MONDIALE PRODUCTIVE ET DURABLE
Michel Petit
EDITIONS QUAE, COLLECTION ESSAIS, FÉVRIER 2011, 120 P., 13 € (9,10 € en pdf)

Cet essai d'un agronome nous incite à regarder ailleurs, vers la Chine, l'Inde, le Brésil ou l'Afrique de l'Ouest. Après des considérations sur les tendances mondiales, les rendements agricoles, la productivité ou la dégradation des ressources naturelles, il décrit les expériences locales de ces régions du monde. Il ouvre aussi trois débats : le rôle des OGM, l'utilisation des pesticides, la marginalisation progressive des paysans pauvres. L'ouvrage invite le lecteur à se construire son propre avis et à se méfier des prises de positions schématiques.

Pour une éducation au développement durable
Francine Pellaud

Le développement durable est entré dans les manuels scolaires avec beaucoup de difficultés pour recouper les matières traditionnellement enseignées. Cet essai explore et évalue les définitions reliant l'environnement aux domaines social et économique. A partir d'exemples, il suggère des outils pédagogiques et des méthodes pour un enseignement interdisciplinaire.

Éditions Quæ, collection Essais, avril 2011, 204 p., 15 € (10,50 € en pdf)

Surveillance épidémiologique en santé animale
Barbara Dufour, Pascal Hendrikx

Cet ouvrage, dont c'est la 3e édition, est le fruit d'une collaboration entre une quinzaine de spécialistes de la surveillance épidémiologique. La première partie est un guide pratique à l'attention des acteurs et animateurs des réseaux de surveillance. Dans la deuxième partie, des exemples concrets soulignent que la démarche méthodologique est identique malgré la diversité des sujets traités.

Éditions Quæ, mai 2011, 344 p., 25 € (17,50 € en pdf)

Raconter le paysage de la recherche
Catherine Mougenot

Le livre entraîne vers un voyage à l'intérieur de la recherche. L'aventure commence à l'occasion d'un programme rassemblant une large communauté de chercheurs de terrain ayant accepté la confrontation de leurs disciplines. Le programme est le prétexte de la démarche réflexive, relatée sous forme de récits.

Éditions Quæ, collection Indisciplines NSS-Dialogues, février 2011, 150 p., 23 € (16,10 € en pdf)

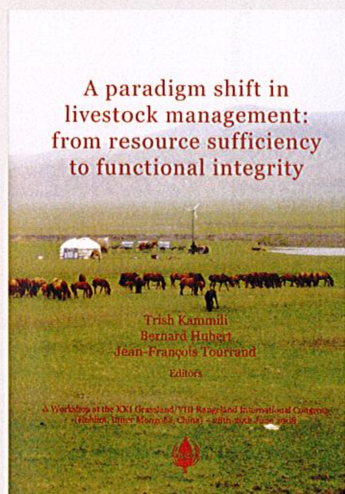
éditions Quæ

www.quae.com

c/o
Inra - RD 10 -
F-78026
Versailles
Cedex

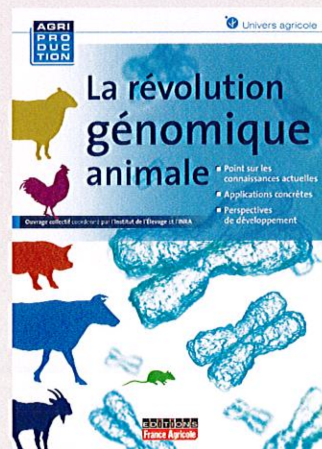
A PARADIGM SHIFT IN LIVESTOCK MANAGEMENT: FROM RESOURCE SUFFICIENCY TO FUNCTIONAL INTEGRITY
Trish Kammili, Bernard Hubert, Jean-François Tourrand

CARDÈRE ÉDITEUR, MARS 2011, 272 P., 15 €, (www.cardere.fr/ficheLivre.php?idLivre=209)

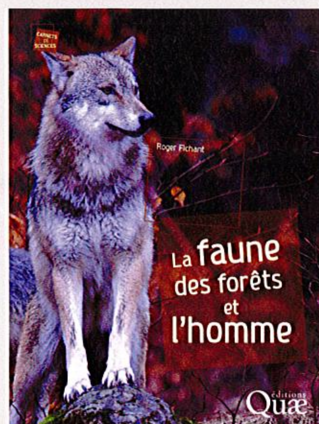


Ce livre résulte d'un atelier de réflexion sur l'aptitude des systèmes d'élevage à maintenir ou développer des sociétés rurales, avec des études de cas situés en prairie canadienne, Sahel, Mongolie, Tibet, Amérique du Sud, Australie, Alpes françaises. La restitution des contributions s'est déroulée à Hohhot en Chine (28-29 juin 2008). L'atelier croisait les regards de chercheurs et de praticiens dans le cadre de l'Initiative Française pour la Recherche Agronomique Internationale (IFRAI) en vue de nouvelles pistes de recherche. Un DVD, joint au livre, donne un aperçu de la société paysanne de l'altiplano bolivien.

LA RÉVOLUTION GÉNOMIQUE ANIMALE
GFA EDITIONS, FÉVRIER 2011, 216 P., 49 €
disponible en librairie et chez l'éditeur
(Institut de l'Elevage : technipel@inst-elevage.asso.fr)



L'ouvrage collectif, coordonné par l'Institut de l'Elevage et l'Inra, fait le point de l'état des connaissances en génomique animale. La génomique facilite l'amélioration génétique des animaux d'élevage, donnant accès à des caractères intéressants mais difficiles à sélectionner par les méthodes classiques. Elle permet aussi la mise au point de diagnostics permettant de prédire, dès la naissance des animaux, leur potentialité à devenir de futurs reproducteurs. Les premières applications concrètes en bovins laitiers y sont intégrées. Ce livre est principalement destiné aux professionnels, étudiants et chercheurs.



LA FAUNE DES FORÊTS ET L'HOMME
Roger Fichant

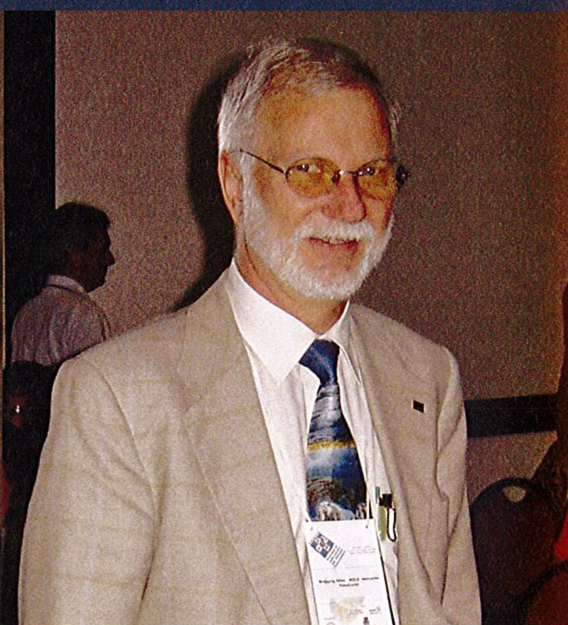
EDITIONS QUAE, COLLECTION CARNETS DE SCIENCES, MAI 2011, 184 P., 22 € (15,40 € en pdf)

C'est un livre abondamment illustré qui permet de comprendre comment l'animal et l'homme se partagent la forêt. Différents points de vue sont abordés face à l'animal : le forestier, le chasseur, l'usager de la forêt, l'agriculteur… L'homme, en imposant ses activités aux animaux, modifie le milieu : certaines espèces sont favorisées pendant que d'autres régressent. Un lectorat très large découvrira, grâce à des exemples, la place de la faune dans la forêt et les façons de la réguler.

REGARD

Anticiper les limites de la planète


© DR


© DR

Quelles réponses apporte la recherche agronomique à la disparition prévisible de certaines ressources, à l'inéquitable répartition d'autres, à la flambée des prix alimentaires ? A l'occasion de la sortie de la 3e prospective du groupe Scar, Erik Mathijs, à gauche (1) et Wolfgang Ritter, à droite (2), respectivement coordinateur et rapporteur de la prospective, nous présentent leurs réflexions sur la rareté des ressources dans le monde.

Quelles sont les conclusions de cette 3e prospective du Scar ?

Erik Mathijs : Les risques identifiés sont connus : une disparition complète de ressources essentielles dans certaines régions provoquerait une envolée des prix alimentaires, donc une moindre disponibilité, et conduirait à des conflits régionaux. Autre facteur aggravant, une urbanisation croissante, rendra de plus en plus compliquée l'organisation des systèmes agroalimentaires. On puise dans la prospective plusieurs enseignements à différents niveaux. La conclusion essentielle est qu'il faut davantage d'articulation entre les politiques agricole, énergétique ou environnementale. Beaucoup de choses vont dans la mauvaise direction à cause d'un manque de coordination et de politiques contradictoires. La prospective prend en compte également l'accélération de la raréfaction des ressources. On peut en avoir un aperçu dès maintenant avec l'envolée des prix des matières agricoles.

Wolfgang Ritter : Le temps devient une ressource rare également ! Nous devons accélérer les prises de décisions donc les éclairages pour se préparer aux changements qui vont arriver d'ici à 2050. Dans des secteurs comme l'agriculture, il y a un laps de temps avant que les résultats des recherches ne soient disponibles pour les fermiers... Nous devons compter dix ans avant que les voies de transition vers un monde durable ne soient disponibles et praticables.

L'agriculture dans un monde de ressources limitées, est-ce un problème de recherche ou de politique ?

E.M. : C'est un problème de recherche et de politique. Dans certains domaines - comme la construction ou

l'énergie - les normes imposées politiquement sont acceptées. Avec la nourriture c'est différent, il ne s'agit pas d'interdire mais d'orienter les choix. Les sciences comportementales ont alors toute leur importance pour éclairer les politiques publiques. Nous promouvons la transition, un nouveau moyen de penser l'innovation avec une mise en perspective au niveau des systèmes alimentaires. Il s'agit d'avoir une hauteur de vue qui dépasse les technologies *stricto sensu*. Ces technologies doivent être replacées dans les systèmes de production, de consommation, de décision. Les changements mondiaux nécessaires dépassent la technologie, on connaît déjà les outils indispensables pour nourrir le monde durablement. Nous devons maintenant changer la façon d'utiliser ces outils et donc la gouvernance de nos systèmes alimentaires.

W.R. : Certaines de nos conclusions sont directement adressées aux politiques. Si nous voulons une transition vers un développement plus durable des systèmes alimentaires dans un monde aux ressources restreintes, nous avons besoin d'une forte implication de la recherche publique car certains de ces sujets n'intéressent pas la recherche privée, qui privilégie les objectifs économiques. Par exemple, les services écosystémiques ne sont pas encore rentables pour le privé, mais quelqu'un doit les étudier et les préserver pour espérer avoir à l'avenir des écosystèmes plus résilients.

Quelle est l'importance de la recherche publique dans cette transition vers la durabilité ?

E.M. : Le secteur privé participe également à cette transition mais il s'agit seulement de quelques sociétés à la pointe, les plus innovantes. Il ne faut pas oublier que la majorité des entreprises sont des PME et que seules les multinationales possèdent une vue plus large. En plus des investissements, cette situation est une des raisons qui justifient la nécessité d'une recherche publique. D'abord, celle-ci peut explorer des domaines trop risqués économiquement pour le secteur privé, et ensuite elle permet une recherche plus complète sur un sujet. Le secteur privé a tendance à ignorer certains aspects d'une problématique, ce qui nous semble incompatible avec une approche systémique.

Le Scar c'est quoi ?

Le « Standing Committee on Agricultural Research » (Scar) est un comité permanent de conseil piloté par la Direction générale Recherche de la Commission européenne, qui réunit les décideurs de politiques publiques en matière de recherche agronomique. Le groupe de prospective du Scar a publié en février 2011 sa 3e étude intitulée « Production et consommation alimentaire durables dans un monde aux ressources limitées », qui propose des pistes vers la transition durable à l'horizon 2050.

Votre prospective souligne le besoin de mieux organiser la connaissance face à ce défi de la durabilité…

W.R. : Cette utilisation du savoir existant a été un peu négligée par le passé. Nous avons besoin aussi de mieux connaître les interactions entre les différents facteurs qui touchent à la sécurité alimentaire. Il s'agit donc bien de mieux faire dialoguer les savoirs existants, de promouvoir une approche transdisciplinaire et les approches des systèmes dans leur globalité. Nous devons utiliser la totalité des savoirs disponibles : agronomie, écologie, économie, sciences sociales et comportementales...

E.M. : La prospective met l'accent sur la nécessaire rénovation de notre système de connaissance, en particulier sur la mise en place d'une vraie recherche transdisciplinaire. On en parle beaucoup mais elle est rarement mise en pratique. Nous avons besoin d'une réelle intégration des sciences sur une problématique donnée, c'est-à-dire d'inclure de façon effective les sciences sociales, l'étude des cultures et des porteurs d'enjeux...

Comment votre travail s'articule-t-il avec le 8e PCRD ?

E.M. : Le Scar n'est que l'un des acteurs. Depuis la deuxième prospective en 2009, a été mise en place l'initiative de programmation conjointe entre les Etats membres (JPI) *Agriculture, Food security and Climate change*. C'est une construction cruciale pour les plus petits Etats (mais pas seulement) car de plus en plus de disciplines scientifiques disparaissent entièrement. La France fait peut-être figure d'exception avec son système robuste de financement public mais au Royaume-Uni par exemple, on assiste à la disparition de disciplines comme l'agronomie. La JPI est un moyen de lever des fonds mais aussi de combler les manques entre pays.

W.R. : Nous ne savons pas comment la Commission va prendre en compte cette prospective pour le prochain programme-cadre, nous pouvons seulement espérer ! Mais nous faisons quelques recommandations, par exemple sur le focus à mettre sur la conservation des ressources. Ces recommandations sont aussi adressées aux Etats membres, et nous avons pris position afin de pousser à des recherches transnationales comme celles de la JPI. En ces temps de crise économique, la coopération reste la meilleure des stratégies pour utiliser les fonds disponibles pour la recherche. Le secteur privé est également important, il apporte une approche complémentaire dans cette transition vers un avenir plus durable. La recherche publique ne pourra pas tout faire à elle seule. ●

Propos recueillis par Antoine Besse

(1) Erik Mathijs enseigne l'économie de l'agriculture à l'Université catholique de Louvain.
(2) Wolfgang Ritter travaille à la « Federal Agency for Agriculture and Food (BLE) », à Bonn, Allemagne.

+d'infos

» web :
http://ec.europa.eu/research/agriculture/scar/index_en.html

AGENDA

5/6 juillet
BORDEAUX

Conception du cycle du phosphore à l'échelle des pays
Séminaire organisé conjointement par l'UMR « Transfert sol-plante et cycle des éléments minéraux dans les écosystèmes cultivés » (Inra-Enitab), l'École nationale des ingénieurs agronomes de Bordeaux et le *Plant Research International* de l'Université de Wageningen (Pays-Bas). Ce séminaire vise à rassembler les scientifiques européens travaillant dans le domaine de la gestion durable des ressources en phosphore, en vue de contribuer au partage des idées, à la comparaison d'approches méthodologiques et de résultats.
WWW.inra.fr/environnement_agronomie/actualites/workshop_p_cycle

24/26 août
VILLENEUVE-D'ASCQ

Congrès Eucarpia sur les légumes à feuilles
Les thèmes abordés : aspects généraux et développement du marché, maladies et ravageurs, culture et management, plasmas germinatifs et leur diversité... Congrès de l'Association européenne pour l'amélioration des plantes organisé par l'Inra (UMR Stress abiotiques et différenciation des végétaux cultivés). (Inra - Université des Sciences et Technologies de Lille).
WWW.leafy-vegetables-2011.eu

15/16 septembre
LE PRADEL/MIRABEL

Défi alimentaire et agronomie Entretiens du Pradel
Le thème traité fait suite aux premiers échanges de 2010, qui avaient mis en évidence le rôle essentiel que peuvent jouer les agronomes pour répondre aux enjeux alimentaires dans les prochaines décennies, dans le monde mais aussi en France et en Europe. Organisés par l'Association française d'agronomie, avec la participation de l'Inra.
WWW.agronomie.asso.fr/detail-actualite/article/6emes-entretiens-du-pradel-sur-le-theme-defi-alimentaire-et-agronomie

3/5 août
MARCIAC

La Politique agricole commune au cœur des XVIIes Controverses européennes de Marciac
Dans le cadre de la réflexion actuellement menée par la Commission européenne autour de « La PAC à l'horizon 2020 », ces Controverses proposent de contribuer au débat sur les devenirs agricoles, alimentaires et territoriaux européens. Co-organisées par la mission Agrobiosciences et la communauté de communes Bastides et Vallons du Gers.
WWW.agrobiosciences.org/article.php3?id_article=3001

4/8 septembre
LEIPZIG, ALLEMAGNE

XIVe Symposium européen sur la qualité de l'œuf et des ovoproduits XXe Symposium européen sur la qualité des viandes de volailles
Ces deux événements sont organisés par la branche allemande de la World Poultry Science Association, avec la participation de l'Inra.
WWW.eggmeat-2011.de

28/29 septembre
MOOREPARK, IRLANDE

VIIIe Symposium sur le fromage
L'Inra et l'Alliance stratégique de recherche sur les aliments UCC/Teagasc organisent le VIIIe Symposium sur le fromage. Celui-ci vise à couvrir les plus récents développements de la recherche scientifique fondamentale et appliquée dans les domaines suivants : développement de la flaveur, diversification, santé et nutrition / diminution des matières grasses et du sel dans les fromages ; fromages : de la qualité aux concepts. Le symposium offrira un forum unique pour le secteur public et l'industrie, qui pourront échanger sur les derniers développements et applications de la recherche fromagère.
WWW.international.inra.fr/all_the_news/events_and_symposia/july_september_2011/8th_cheese_symposium

4 octobre
PARIS

Colloque de restitution de l'expertise collective sur les variétés végétales tolérantes aux herbicides (VTH)
Cette expertise collective a été conduite par le CNRS et l'Inra, à la demande des ministères en charge de l'Agriculture et de l'Ecologie, sur les VTH qui sont actuellement en voie de commercialisation en France. Ces variétés, couplant semences et herbicides, sont obtenues sans recours à la transgénèse et donc exclues du champ de la Directive européenne qui encadre la mise en marché des OGM. L'objectif de l'expertise est l'évaluation de ces variétés aux plans de leurs performances agronomiques et de leurs effets sur l'environnement (apparition possible de phénomène de résistance aux herbicides qui conduiraient à un emploi accru de ces produits, effets sur la biodiversité).
WWW.inra.fr/l_institut/expertise



Second workshop européen sur la chromatine chez les plantes

1er et 2 septembre 2011 - Versailles

Cet événement couvrira les récents développements de la recherche dans le domaine de la chromatine chez les plantes.

L'accent sera mis sur la chromatine en tant qu'entité biochimique et deux sujets principaux seront abordés : la biochimie de la chromatine (composition des complexes protéiques et activité) et la cytologie (dynamique de la chromatine et architecture nucléaire).

Organisé par l'Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR Inra-AgroParisTech de Versailles.

https://colloque.inra.fr/european_workshop_on_plant_chromatin_2011

Partenaires : Inra, département de Biologie végétale, Swedish University of Agricultural Sciences de Suède